

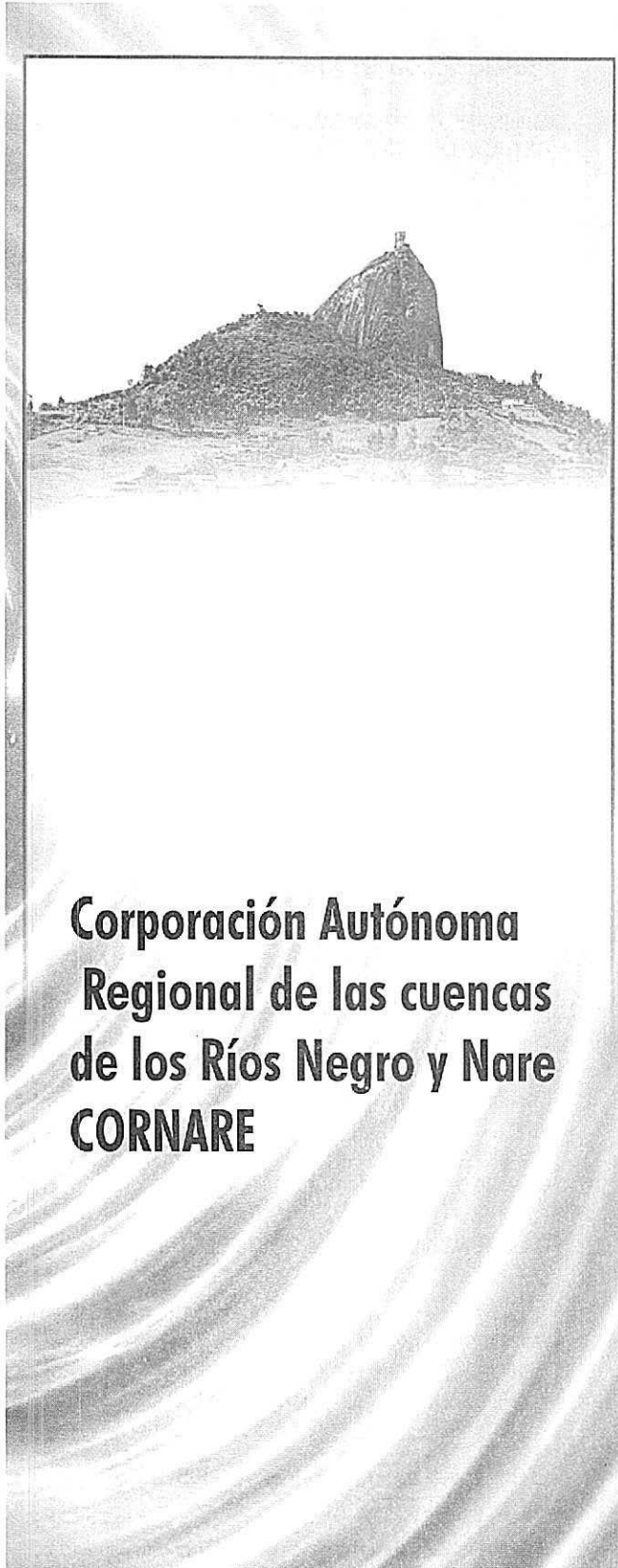


**Corporación Autónoma
Regional de las cuencas
de los Ríos Negro y Nare
CORNARE**

**El recurso
Suelo viviente y
Dinámico:
Esencial para
la sostenibilidad
y equilibrio de
los ecosistemas
en el Oriente
Antioqueño**



Centro de Documentación



**Corporación Autónoma
Regional de las cuencas
de los Ríos Negro y Nare
CORNARE**

**El recurso
Suelo viviente y
Dinámico:
Esencial para
la sostenibilidad
y equilibrio de
los ecosistemas
en el Oriente
Antioqueño**



22 JUL 2005

CANJE

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

**MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y
DESARROLLO TERRITORIAL**

GOBERNACION DE ANTIOQUIA

**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LAS
CUENCAS DE LOS RIOS NEGRO - NARE «CORNARE»**

OSCAR ANTONIO ALVAREZ GÓMEZ
Director General CORNARE

MAURICIO DAVILA BRAVO
Secretario General CORNARE

JAVIER PARRA BEDOYA
Subdirector General de Planeación

JAVIER VALENCIA GONZÁLEZ
Coordinación Editorial

Formuladores:

Jorge Ignacio González Rendón
José Alberto Eusse Sierra
Magda Patricia Valencia Orrego
Gabriel Fernando Ospina Botero

**PARTICIPANTES EN LA FORMULACION DE LOS
DOCUMENTOS DE POLITICA**

Grupo de Trabajo Funcionarios de CORNARE

Carmen Elena Mejía Mejía
Rodrigo Arenas Arenas
Oscar Leon Vélez Arteaga
María Gardenia Rivera
Fernando Uribe Angel
Javier Parra Bedoya
Diana María Henao
Consuelo Parra Arcila

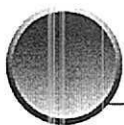
CARMENZA VALLEJO AGUIRRE

Diseño

www.comare.gov.co
servicios@comare.gov.co

El Santuario, Antioquia enero de 2005

CORNARE es propietario de los derechos de esta publicación,
puede ser reproducida para fines educativos no comerciales
citando la fuente



Contenido



Centro de Documentación

1. PRESENTACIÓN.
2. INTRODUCCIÓN.
3. OBJETIVOS
4. GENERALIDADES
5. MARCO NORMATIVO
4. MARCO CONCEPTUAL.
6. ANTECEDENTES
 - 6.1 Política Nacional Ambiental
 - 6.2 Plan de Gestión Ambiental Regional
7. DIAGNOSTICO DEL RECURSO SUELO SEGUN SU POTENCIALIDAD GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA Y ESTRUCTURAL, AGRICOLA Y GEOTECNICA
 - 7.1 El suelo desde el punto de vista geológico
 - 7.2 El Suelo desde el punto de vista geomorfológico y estructural
 - 7.3 El suelo como soporte alimentario y como ecosistema estratégico
 - 7.4 El suelo como soporte de asentamientos poblacionales e infraestructura
8. USO ACTUAL, USO POTENCIAL Y DETERIORO DEL SUELO
9. PROBLEMATICA AMBIENTAL ASOCIADA AL RECURSO SUELO
10. POTENCIALIDADES DE CORNARE Y DE LA REGION PARA LA GESTION DEL RECURSO SUELO
11. GESTION AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO
 - 11.1 Desde la planeación
 - 11.2 Desde la ejecución
 - 11.3 Desde la evaluación y ajuste
12. EXPERIENCIAS DE GESTION EXITOSAS
 - 12.1 Acuerdo 016 de 1998. Lineamientos para el ordenamiento territorial
 - 12.2 Caracterización, mapificación y zonificación de las cenizas volcánicas en la subregión Valles de San Nicolás
 - 12.3 Identificación y zonificación de áreas potencialmente explotables para los recursos minerales y pétreos
 - 12.4 Experiencias de control de erosión
 - 12.5 Experiencias exitosas desde la producción más limpia
13. LINEAMIENTOS, ACCIONES ESTRATEGICAS E INSTRUMENTOS PARA UNA POLITICA DE GESTION AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO.
 - 13.1 Lineamientos para una política de gestión ambiental del recurso suelo
 - 13.1.1. Construcción de la línea base del recurso
 - 13.1.2 Monitoreo del recurso suelo
 - 13.1.3 Ordenamiento ambiental para el aprovechamiento, manejo y conservación del recurso suelo
 - 13.2 Acciones estratégicas para una gestión ambiental del recurso suelo
 - 13.3 Instrumentos para una política de gestión del recurso suelo
 - 13.3.1 Gestión interinstitucional
 - 13.3.2 Creación de un centro especializado de calidad del suelo

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ANEXO 1. Ecuación universal de pérdida de suelo

ANEXO 2. Indicadores Ambientales para determinar la línea base del ambiente.

ANEXO 3. Gráfico para la denominación de los suelos según la textura.

ANEXO 4. Formación del suelo en relación con el clima y la vegetación.

ANEXO 5. Perfil de meteorización característico del batolito antioqueño

4 El recurso suelo Viviente y dinámico:

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño

«Cada año se degradan en el mundo entre 546.000 y 1.000.000 de hectáreas de tierras agrícolas por prácticas inadecuadas y por el acelerado incremento de las zonas urbanas (boletín de la UNESCO 2004)»

En 1992, la Cumbre para la Tierra de Río de Janeiro impulsó un tratado internacional denominado “La Convención de la Naciones Unidas de Lucha contra la desertificación y la Sequía” (UNCCD o CCD), el cual fue aprobado en París el 17 de Junio de 1994. La Política Ambiental Colombiana, preocupada por el incremento en los procesos de degradación de los suelos y los impactos negativos en las condiciones ambientales, económicas y sociales, ratificó su adhesión mediante la Ley 461 del 04 de Agosto de 1998, entrando a ser parte de la misma a partir del 8 de Septiembre de 1999.

En Abril del año 2000, Colombia entregó a la UNCCD “El Primer Informe Nacional de Implementación de la Convención” el cual incluye información sobre el estado de degradación de las tierras en el territorio nacional.

Dos años después, Abril de 2002, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial a través de la Dirección General de Ecosistemas presentó el segundo informe nacional de implementación de la Convención de la UNCCD. Este informe presenta las políticas de desarrollo sostenible y las medidas institucionales adoptadas para implementar la CCD.

A pesar de estos esfuerzos no existen a nivel nacional unos lineamientos o una política de largo plazo que definan objetivos claros en lo referente al uso, conservación, protección y utilización del recurso suelo; salvo lo establecido por el decreto 2811 de 1974.

A nivel regional, la Corporación Autónoma Regional Rionegro-Nare CORNARE ha liderado en su jurisdicción desde sus inicios (1983) la ejecución de planes, programas y proyectos que se anticiparon a esta Convención internacional a través de actividades como: Control de erosión, conservación de suelos, planificación del territorio y de los usos del suelo, Planes de Gestión Ambiental Regional, ordenamiento territorial, zonificación, gestión en producción más limpia en el sector primario, convenios y alianzas estratégicas con entidades – universidades e institutos con competencia en el recurso suelo.

Este documento busca ilustrar las experiencias exitosas que en la gestión ambiental del recurso suelo ha realizado y quiere seguir liderando CORNARE en su jurisdicción del Oriente Antioqueño. Este que hacer ambiental frente al recurso suelo continua vigente en los programas, proyectos y actividades plasmados en el Plan de Gestión Ambiental Regional.

OSCAR ANTONIO ALVAREZ GOMEZ
Director General

6 El recurso suelo Viviente y dinámico:

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño

El presente documento sobre la gestión ambiental del recurso suelo viviente y dinámico: esencial para la sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño se enfocará hacia los resultados de experiencias exitosas que en el manejo, conservación y protección del recurso suelo ha desarrollado la corporación en años anteriores, así como la entrega de propuestas en torno al manejo que debe hacerse con este recurso natural a futuro.

Lo anterior se logrará a través de la recuperación de la memoria histórica corporativa construida a partir de estudios, programas y proyectos que se han desarrollado en forma conjunta con las entidades territoriales, universidades públicas y privadas, empresas públicas asentadas en la región y comunidad en general.

El desarrollo sostenible del recurso suelo se puede alcanzar a través de una gestión Ambiental de este recurso en la jurisdicción de CORNARE que se enmarque en cuatro fases básicas: planeación, ejecución, verificación y ajuste, lo cual solo será posible con el compromiso de todas las instancias presentes en la región acogiendo y desarrollando los lineamientos o propuestas construidas colectivamente y con la participación comunitaria en torno a este importante recurso, con mecanismos como: los planes de ordenamiento territorial, la planeación municipal y la gestión ambiental municipal; la investigación y elaboración de estudios técnicos sobre este recurso, la formación de profesionales en las ciencias de la tierra; la realización de convenios con las entidades oficiales, aporte de recursos y metodologías de trabajo, la gestión de proyectos y la educación y participación de los habitantes del territorio entre otros.

Los procesos de planeación del recurso suelo liderados por CORNARE en el Oriente Antioqueño, van más allá de los ejercicios meramente conceptuales alcanzándose la ordenación ambiental de gran parte del territorio y la implementación de Programas, planes, proyectos, políticas y actividades de Protección, Conservación, Recuperación y manejo de este invaluable recurso.

El presente trabajo pretende mostrar en forma breve esta gestión ambiental partiendo del Marco Normativo de referencia (Ley 99 de 1993), desde la planeación: Acuerdos Ambientales de Ordenación del Territorio, Planes de Ordenamiento Territorial, Plan de Gestión Ambiental Regional, Planes de Acción; hasta lo Operativo: Inversiones en Control de Erosión, Recuperación de Áreas Degradadas, Determinación, Conservación y Protección Áreas de Manejo Especial.

8

El recurso suelo Viviente y dinámico:

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño



Generalidades de la región

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

3.1.1. Localización Regional:

Este territorio se encuentra ubicado sobre la cordillera central, Suroriente del departamento de Antioquia costado Noroccidental de Colombia, continente suramericano.

Es una región rica en recursos naturales, con altos niveles de pluviosidad alcanzando en algunas zonas hasta 5000 mm de precipitación. Pertenecen a las cuencas de los ríos Magdalena y Cauca, siendo sus principales afluentes Samaná Norte y Sur, Nare, Nus, Claro Cocorná Sur, Negro, Buey- Arma y Porce. Allí se localizan los embalses de El Peñol - Guatapé, Playas, Santa Rita, Punchiná, San Lorenzo y Calderas; que en su conjunto generan la tercera parte de la hidroenergía nacional. Situación que le da una importancia estratégica nacional a la jurisdicción de CORNARE.

Es una zona de gran importancia ecológica por su alta biodiversidad, su riqueza natural y turística, ya que es una región de bellos y contrastados paisajes, por oferta de infraestructura de servicios, vías y transporte; aeropuerto José María Córdoba, corredor industrial, centros múltiples de recreación, hipódromo los comuneros, capillas antiguas, universidades; además por contar con una de las vías más importantes del departamento y el país (autopista Medellín - Bogotá).

3.1.2. Distribución del territorio:

Está conformada por 26 municipios con un Área aproximada de 827.600 Hectáreas correspondientes al 13% del departamento de Antioquia y el 0.7% de Colombia.

Distribuida en cinco subregiones así:

1. **Valles de San Nicolás** con un área de 176.600 Has, (urbanas 31.400 y rurales 145.200) correspondiente a los municipios de El Carmen de Viboral, El Retiro, El

Santuario, Guarne, La Ceja, La Unión, Marinilla, Rionegro y San Vicente.

2. **Bosques**, con 162.700 Has, (urbanas 2.200 y rurales de 160.500) e integrada por los municipios de Cocorná, San Francisco, San Luis y Puerto Triunfo.

3. **Aguas**: con una extensión de 146.500 Has (urbanas 4.600 y rural 141.900) correspondiente a los municipios de El Peñol, Granada, Guatapé, San Carlos y San Rafael.

4. **Porce Nus**: un área correspondiente a 101.700 Has, (urbanas 7.200 y rural 94.500) de los municipios de Alejandría, Concepción, San Roque y Santo Domingo;

5. **Páramo**, en una extensión de 240.200 Has, (urbanas 6.600 y rural 233.600) de los municipios de Abejorral, Argelia, Nariño y Sonsón.

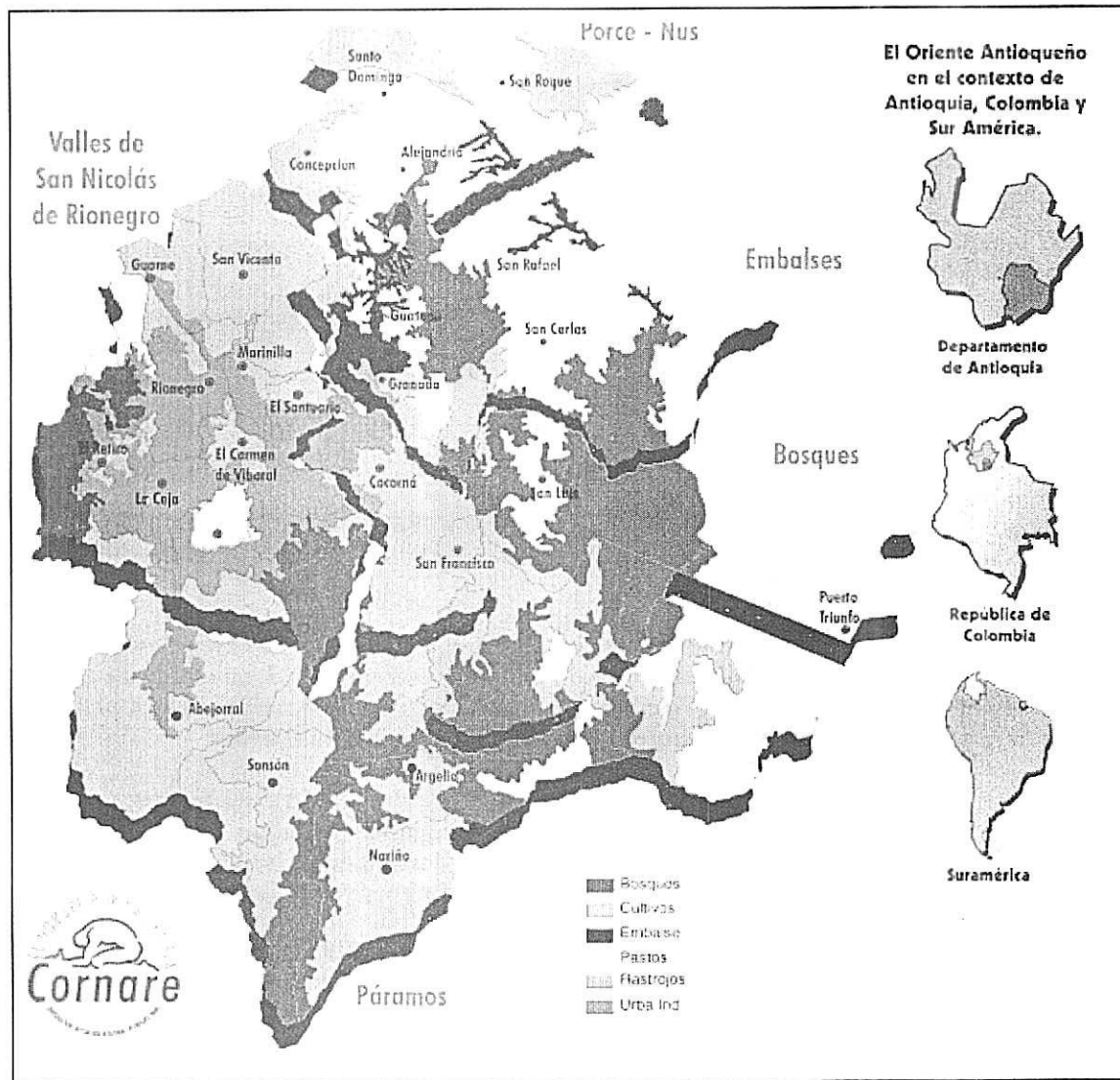
3.2. Demografía:

La población regional para el año 2005 se calcula en 598.012 habitantes, con una proyección al 2010 y 2020 de 644.588 y 748.904 habitantes respectivamente y una tasa exponencial de crecimiento promedio regional de 1.35

El mayor crecimiento poblacional se encuentra en la subregión Valles de San Nicolás que presenta tasas de crecimiento con un promedio subregional de 2.28%, los restantes municipios registran tasas de decrecimiento de su población; tal es el caso de: Cocorná, San Francisco, Granada, San Carlos, Concepción, Santo Domingo, Abejorral, Argelia, Nariño y Marinilla, producto de desplazamientos originados principalmente por los fenómenos de violencia que los afectan y que se han agudizado en el Oriente Antioqueño.

10 El recurso suelo Viviente y dinámico:

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño



Mapa 1. Localización general de la región CORNARE



Objetivos.

- Realizar el diagnóstico sobre la gestión ambiental que en torno al recurso suelo se ha desarrollado en el Oriente Antioqueño.
- Difundir las experiencias exitosas que Cornare ha logrado en los últimos años, con el fin de que sean replicadas y mejoradas.
- Establecer lineamientos articuladores para el diseño de estrategias ambientales en la región Cornare, para una acertada gestión ambiental del recurso suelo.
- Sensibilizar y educar al lector en lo referente al manejo y conservación de este valioso recurso.
- Orientar la gestión ambiental del recurso suelo hacia la aplicación de la política nacional e internacional referente al recurso natural.

12 El recurso suelo Viviente y dinámico:

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño



Marco Normativo.

Dada la existencia de un amplio abanico de normas en Colombia que aplican al recurso suelo se destacan aquí comentarios a las más relevantes:

- El decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974 o código de los Recursos Naturales regula lo referente a la tierra, el suelo, el subsuelo y los recursos del paisaje; la conservación y mejoramiento de suelos en áreas críticas; condiciona y clasifica el uso potencial de los suelos según los factores físicos, ecológicos y socioeconómicos de la región. También establece su aprovechamiento manteniendo su integridad física y su capacidad productora y obliga a utilizar normas técnicas de manejo para evitar su pérdida o degradación, lograr su recuperación y asegurar su conservación. Además establece la responsabilidad de todos los habitantes para colaborar con las autoridades en la conservación y en el manejo adecuado de los suelos.

Corresponde a la administración pública velar por la protección de las cuencas hidrográficas contra los elementos que las degraden o alteren y especialmente los que producen contaminación, sedimentación y salinización de los cursos de aguas o de los suelos; Prevenir la erosión y controlar y disminuir los daños causados por ella.

El decreto establece la figura Distrito de Conservación de Suelos, entendiéndose como tal "el área que se delimita para someterla a manejo especial orientado a la recuperación de suelos alterados o degradados o la prevención de fenómenos que causen alteración o degradación en áreas especialmente vulnerables por sus condiciones físicas o climáticas o por la clase de utilidad que en ellas se desarrolla"

- La Ley 99 de 1993 en su artículo 31 establece las funciones de las corporaciones en torno al control y seguimiento ambiental del recurso suelo, además de reservar, alindar, administrar o sustraer, en los términos y condiciones que fijan la ley y los reglamentos, los distritos de manejo integrado, los distritos de conservación de suelos, las reservas forestales y parques naturales de carácter regional, y reglamentar su uso y funcionamiento. También le corresponde a las corporaciones autónomas regionales, realizar actividades de análisis, seguimiento,

prevención y control de desastres, en coordinación con las demás autoridades competentes, y asistirles en los aspectos medioambientales en la prevención y atención de emergencias y desastres; adelantar con las administraciones municipales o distritales programas de adecuación de áreas urbanas en zonas de alto riesgo, tales como control de erosión, manejo de cauces y reforestación.

- La Ley 388/97 estableció entre otros los lineamientos para el Ordenamiento Territorial en donde el tema de mayor importancia es la zonificación de uso actual y potencial de los suelos.

- La ley 461 de 1998, ratificó la adhesión de Colombia a la convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación y la sequía (UNCCD).

14 El recurso suelo Viviente y dinámico:

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño

6.1. POLÍTICA NACIONAL AMBIENTAL.

El eje articulador de la Política Nacional Ambiental es sin duda el recurso Agua, mencionando en forma sutil y somera al recurso suelo en lo referente a producción más limpia minería y agro. Adicionalmente en lo referente a instrumentos se relaciona: “La política fortalecerá los procesos de ordenamiento y planificación construidos desde lo local, promoviendo su articulación en el de Ordenamiento Territorial y la Planificación construidos desde lo local, promoviendo su articulación a los procesos de desarrollo sectorial, regional y nacional, apoyados en las directrices generales de ordenamiento y zonificación de usos del suelo”.

La gestión de Comare en torno al Recurso Suelo ha permitido tener una base de partida para la ejecución de programas y proyectos tendientes al ordenamiento del territorio con líneas acción para la protección, conservación, recuperación y aprovechamiento racional del recurso.

6.2. PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL REGIONAL

El Plan de Gestión Ambiental Regional denominado “Por un Oriente Antioqueño, equitativo, desarrollado y mas limpio” Se constituye en el instrumento de planeación de mediano y largo plazo que orienta las acciones y responsabilidades de quienes habitan y actúan en la región, en torno a la consecución de un desarrollo sostenible con una prospección al año 2020.

En este plan se han considerado entre las causas que originan la problemática ambiental las siguientes: urbanización y concentración poblacional sin control hacia la zona del altiplano de los Valles de San Nicolás, (ver foto1) generando problemas de contaminación de aguas, de erosión, degradación de suelos y destrucción de los bosques; presión por una mayor producción agrícola, conllevando a la explotación irracional y la utilización indebida de agroquímicos y sustancias contaminantes. Por lo anterior en la estrategia Biodiversidad y Sostenibilidad para la Competitividad Regional se ha considerado dentro del programa Oferta y Demanda de

los Recursos Naturales el objetivo Conocer y Clasificar la Oferta de los Recursos Naturales en el territorio, que permita a través del análisis de sus relaciones con las demandas actuales y futuras orientar y establecer los lineamientos de política y acciones programáticas para su conservación, recuperación y aprovechamiento adecuado.



Foto 1 degradación del suelo por expansión urbana

16 El recurso suelo Viviente y dinámico:

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño



Diagnóstico del recurso suelo

según su potencialidad geológica, geomorfológica, estructural, agrícola y geotécnica

Siempre se ha definido al recurso suelo con un grupo de características que determinan su potencialidad ya sea para la agricultura, la geotecnia o la geología, sin embargo es difícil obtener una definición satisfactoria para el recurso suelo con énfasis ambiental, por esta razón retomamos la definición de Kimpe y Warkentin. 1998. "El suelo es un recurso vivo y dinámico que ejecuta cinco funciones esenciales para el sostén de los ecosistemas naturales, seminaturales o agroecosistemas y son:

- ◆ **Ciclaje bioquímico y geoquímico:** intemperismo de minerales y liberación de nutrientes, reciclaje de nutrientes y carbono para producir nueva biomasa, descomposición de materiales tóxicos y organismos del suelo.
- ◆ **Repartición de agua:** aceptación e infiltración de agua para almacenamiento en la rizosfera, y los acuíferos; transporte de agua a través de la superficie del suelo.
- ◆ **Retención y liberación:** retención de nutrientes contra el lavado; retener agua contra el drenaje; liberar nutrientes y agua hacia las raíces y la biota del suelo; inmovilización de materiales residuales tóxicos.
- ◆ **Regulación:** amortiguar las variaciones de temperatura y contenido de agua; moderar los cambios en la composición de la solución; actuar como filtro para proteger la calidad del agua.
- ◆ **Repartición de energía:** determina la temperatura del ambiente biótico y la circulación global de la masa de aire.

Poco conocemos del valioso recurso desde el punto de vista ambiental, sin embargo se realiza un diagnóstico desde las ciencias, con el fin de trazar luego las directrices para la gestión ambiental del suelo.

7.1 EL SUELO DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOLÓGICO

Dado que el suelo es el resultado final de la meteorización de las rocas se hace necesario conocer la geología del oriente antioqueño.

Según Hermelín (1988) el área de la Región Cornare,

comprende los terrenos: Payandé, San Lucas, Cajamarca (más del 90% de la jurisdicción CORNARE), Puquí, Buriticá, Cauca Romeral. Parte de estos terrenos se emplazaron durante el Proterozoico; en el Jurásico sufrieron varios episodios de metamorfismo y subducción; hacia el Jurásico- Cretácico se emplazaron El Batolito de Sonsón y El Batolito Antioqueño, hubo deposición de sedimentos marinos y continentales; El Terciario tuvo en la zona manifestaciones sedimentarias y volcánicas. El levantamiento de la Cordillera Central se inició posiblemente en el oligoceno - mioceno temprano (James, 1981), fenómeno que duró de 18 a 22 millones de años.

La mayor parte del área se encuentra sobre rocas ígneas y metamórficas; solo afloran algunas rocas sedimentarias al oriente, suroriente y suroccidente en cercanías de los ríos Magdalena y Cauca (Hermelín, 1988).

Las principales unidades litológicas presentes en la región, en forma resumida son (Ingeominas, 1979): rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. (Ver mapa 2)

Las rocas ígneas, de las cuales se destacan las intrusivas del Jurásico, tales como cuarzdiorita hornbléndica con variaciones a diorita y granodiorita (batolito de Sonsón) y cuarzdioritas y granodioritas del Cretáceo (Batolito Antioqueño). Generan suelos limoarenosos, ácidos y muy propensos a la erosión cuando se pierde la cobertura vegetal protectora.

Las rocas metamórficas son generalmente del precámbrico (migmatitas, anfíbolitas, gneises, cuarcitas y esquistos) y del paleozoico (gneises, migmatita, esquistos y mármoles). Generan suelos arcillosos más resistentes a la erosión y ricos en calcio que determina una espesa cobertura vegetal.

Las rocas sedimentarias son principalmente del cretáceo (arcillolitas, shales, areniscas, liditas, limolita, lutitas, calizas, diabasas, basaltos, rocas piroclásticas y tobas máficas), del paleoceno - eoceno (sedimentos continentales y transicionales como conglomerados, arcillolitas y areniscas) y volcánicas del terciario (con-

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño

glomerados polimícticos, brechas, aglomerados y tobas). Depósitos cuaternarios tipo depósitos de vertiente, terrazas aluviales y aluviones recientes, han sido documentados en la región Valles de San Nicolás, las cuencas de los ríos Negro, Nare, Río Claro - Cocorná Sur, Magdalena, Calderas, Samaná Norte y Samaná Sur, Santo Domingo; presentan una amplia secuencia de depósitos cuaternarios cuya distribución cambia desde las márgenes hacia el centro, aproximadamente de la siguiente manera: los depósitos de vertiente se localizan sobre todo a lo largo de las márgenes de la cuenca, asociados al piedemonte de las zonas más empinadas formando localmente una superficie disectada, de pendiente suave, que se proyecta hacia las terrazas más altas, las cuales bordean los principales cursos de agua donde los procesos de sedimentación, favorecidos por el gradiente hidráulico actual, han permitido la acumulación de importantes cantidades de material de arrastre. Los depósitos aluviales conformados por terrazas y aluviones recientes corresponden a cuerpos alargados localizados a lo largo de los drenajes activos o que lo fueron en el pasado; morfológicamente se caracterizan por presentar superficies planas y generalmente sin inclinación, en algunos casos fuertemente disectadas.

Estos depósitos fluviales corresponden principalmente a flujos de lodo y de escombros, a coluviones y algunos pequeños conos de deyección. En la mayoría de los casos se trata de materiales derivados de rocas metamórficas, embebidos en una matriz areno - arcillosa principalmente, cementados, maduros y meteorizados en su gran mayoría (Integral, 1997). Son producto de movimientos de masa que recubren muchas de las vertientes del Oriente Antioqueño, gran parte de ellos posiblemente puestos en marcha por movimientos sísmicos (Duque y Oyola, 1989). Sus formas son irregulares, o en ocasiones de abanicos que se amplían sobre las partes bajas de las vertientes. Están constituidos por bloques subangulares a subredondeados de roca metamórficas frescas a meteorizadas y cuarzo lechoso, contenidos en una proporción variable de matriz arcillo - arenosa de color pardo - amarillento. La mayoría están cubiertos por cenizas volcánicas, a excepción de los localizados en los alrededores de El Retiro.

Terrazas Aluviales (Qt) Afloran ampliamente en la zona de Rionegro y La Ceja y en menor proporción en El Carmen de Viboral, Marinilla y Guarne. Durango (1975), definió cinco niveles de terrazas, pero en estudios más detallados Page y James (1981) identificaron 8 niveles.

La composición general de estos depósitos es de gravas de cuarzo lechoso redondeados, oxidados, que se parten fácilmente, suprayacidos por capas de arenas, limos y arcillas. Varían en espesor de 2 a 20 m (Hidramsa, 1997). Suprayacen discordantemente el saprolito del Batolito Antioqueño y en general están recubiertos por una capa de cenizas volcánicas.

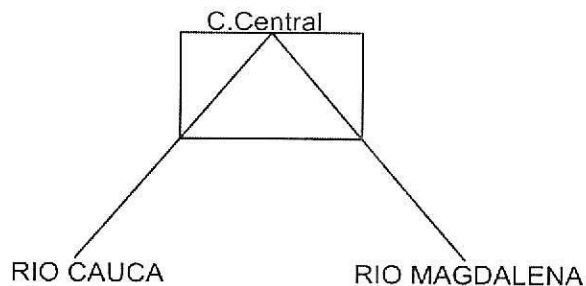
Aluviones Recientes (Qal) Corresponden a una unidad

periódicamente inundable, o llanura de inundación, que es erosionada y recibe continuamente aluviones del lecho, impidiendo el desarrollo de suelo y vegetación. Donde el carácter de la corriente es meándrico se han formado acumulaciones importantes de material limo arenoso y gravas conformadas por fragmentos redondeados a subredondeados de anfíbolitas, rocas ígneas del Batolito Antioqueño y cuarzo lechoso, procedentes de la erosión y transporte de las rocas que afloran en las partes altas de la cuenca. Asociados al Río Negro alcanzan hasta 100 m de ancho, mientras en la Quebrada La Mosca alcanzan 50 m. La mayor parte de estos depósitos son del Holoceno (González, 1980).

Cenizas Volcánicas: depósitos de cenizas volcánicas recubren gran parte del área del Oriente Antioqueño, conformando la unidad estratigráfica superior, excepto en zonas correspondientes a llanura aluvial inundable, terrenos de pendientes muy fuertes, sectores afectados por movimientos en masa y zonas modificadas por acción antrópica. Generalmente cubiertas por materia o suelo orgánico de muy buen espesor y alta productividad en la región del altiplano y el páramo de Sonsón.

7.2 EL SUELO DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOMORFOLÓGICO Y ESTRUCTURAL

"La cordillera Central ha tenido tres levantamientos desde el Cretáceo: levantamiento de la antigua cordillera en el Cretáceo Tardío, que fue acompañada por la intrusión del Batolito Antioqueño; a partir del cual se formó el sistema de altiplanos del Oriente Antioqueño, después la extensiva erosión reduce estas montañas a bajos llanos, luego ocurre el levantamiento en el Plioceno y en el Cuaternario formándose las presentes montañas" (Page y James, 1981).



En la parte norte de la Cordillera Central fueron encontradas tres superficies y dos etapas de erosión. La superficie de erosión pre - Cordillera Central (Pre-SI), es la más alta. De la superficie de erosión de la Cordillera Central (S-I), se encuentran remanentes desde La Unión hasta la localidad de Los Llanos de Cuivá. Con respecto a la superficie de erosión de Rionegro (S-II), esta super-

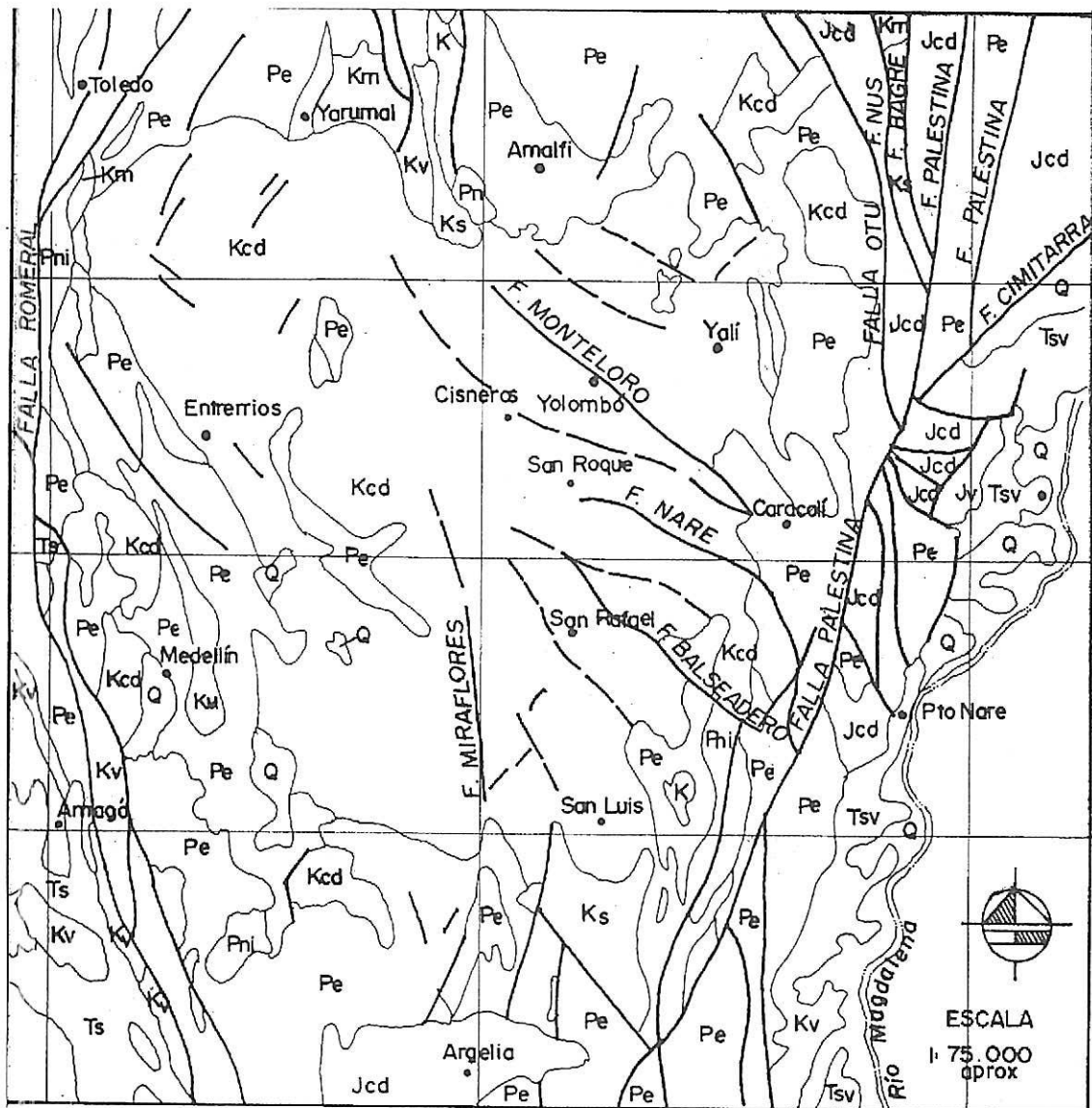


FIGURA Mapa geológico regional del oriente antioqueño.
(Modificado del Mapa geológico de Antioquia, INGEOMINAS, 1979).

Q	Aluviones recientes	Jcd	Dioritas y cuarzodioritas
Ts	Terciario sedimentario	Jy	Rocas volcánicas.
Tsv	Formación Mesa	Pni	Neises intrusivos.
Kcd	Cuarzodioritas del Batolito Ant.	Pe	Complejo Cajamarca
Km	Gabros	Pe	Migmatitas, neises, anfibolitas y granulitas.
Kv	Rocas volcánicas Frn. Qda Grande	—	Falla.
Ku	Peridotitas-Serpentinas	- - -	Lineamiento.
Ks	Sedimentitas del Cretáceo.	○	Contacto

Mapa 2. Geología de la región CORNARE

20 El recurso suelo Viviente y dinámico:

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño

ficie ocurre a lo largo del eje de la cordillera Central y forma cuencas separadas localizadas 200 a 400 m por debajo de la superficie S-1 y subyacida principalmente por el basamento granítico y localmente por el metamórfico. Esta superficie se manifiesta como colinas redondeadas y de topes relativamente planos que han sido disectados por pequeños cursos de agua. Un ejemplo es la cuenca del río Negro (Page y James, 1981; citados por López R., 1989).

Las unidades geomorfológicas presentes en la región están íntimamente relacionadas con la litología como el factor principal de formación del relieve actual y con los procesos erosivos y la meteorización diferencial como agentes modeladores (López R., 1973; Flórez, 1987). El área cubierta por el Batolito Antioqueño constituye la unidad geomorfológica de colinas suaves a medias, en tanto que la zona constituida por rocas metamórficas es de montañas altas y escarpadas, mientras que las terrazas y los depósitos aluviales y de vertiente forman un relieve plano a suavemente ondulado (Universidad EAFIT-CORNARE, 2001).

El paisaje del altiplano del Oriente Antioqueño se conforma de una red de colinas controladas por estructuras de fallas geológicas orientadas N30°W y N78°W, y evoluciona a partir de una zona de cizalladura regional producto de las fuerzas orogénicas que estructuraron el sistema montañoso de la Cordillera Central. (Universidad EAFIT-CORNARE, 2001)

Figura 1. Sistemas del Altiplano del Oriente Antioqueño

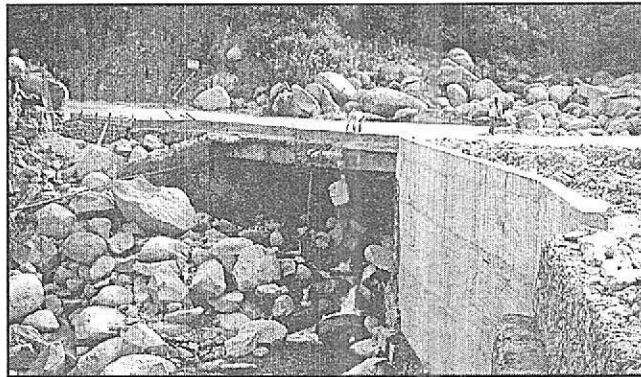
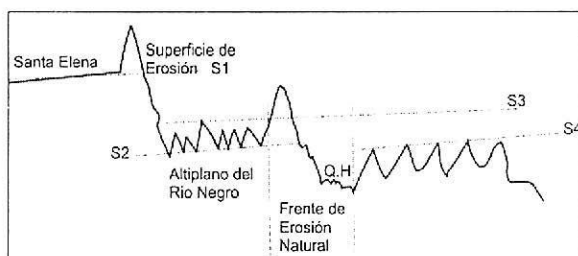
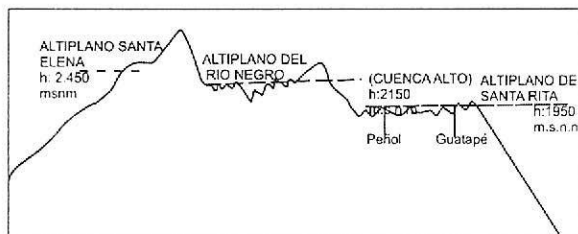


Foto 2 Cuenca torrencial quebrada Farallones, municipio de San Rafael - Antioquia junio 2002

El relieve predominante en el área de la jurisdicción CORNARE corresponde a vertientes y colinas. Este relieve, en diferentes unidades geomorfológicas, muestra pendientes largas y cortas, rectas, convexas, cóncavas y onduladas. El drenaje natural varía de muy pobre en las partes cóncavas y valles, a excesivo en las laderas. Hacia las zonas planas y valles hay transporte y depósitos ocasionales de materiales; en las laderas predomina la erosión por escurrimiento difuso, surcos - cárcavas y movimientos en masa asociados al tectonismo y a procesos hidro - gravitacionales (altas precipitaciones - cuencas torrenciales) son comunes en las vertientes erosivas del Cauca y el Magdalena. (ver foto 2)

En las anteriores circunstancias, el grado de erosión llega a límites severos en algunas unidades, afectando por sedimentación importantes cuerpos de agua y comprometiendo la vida útil de los embalses de la región, así como afectando los recursos naturales, el medio ambiente, la vida de numerosas personas y la infraestructura básica de gran parte de la región.

Las principales unidades paisajísticas identificadas a escala macro en la región CORNARE son:

1. Cañón del Río Nus
2. Unidad Embalses: Peñol - Guatapé, San Lorenzo, Playas y Punchiná
3. Cañón del Nare Medio.
4. Unidad ALTIPLANOS DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO (AOA)
5. Cañón Río Claro / Cocorná Sur.
6. Cuenca Buey _ Arma
7. Páramo de Sonsón
8. Bosques y Vertientes hacia el Magdalena
9. Valle Central del Magdalena.

Como puede observarse, existe una estrecha relación entre las unidades geomorfológicas de la región y el paisaje que han dejado en la geografía del oriente Antioqueño una riqueza de sitios, saltos o cascadas, cuevas, ce-

rros, vertientes y demás notoriedades entre las cuales vale la pena resaltar: El peñón de Guatapé; los cerros: Tabor, El Capiro, Palmichal, El Castellón, La Teta. Las gargantas o cañones formados por los ríos: Buey, Nare, Nús, Arma, Samaná, Dormilón, etc que dan origen a innumerables saltos o cascadas: Buey, La Sabina, La Cuba, y grutas o cavernas kársticas que invitan a la Espeleología: Río Claro, San José del Nús, Guacharos,

7.3 EL SUELO COMO SOPORTE ALIMENTARIO Y COMO ECOSISTEMA ESTRATÉGICO.

Según los estudios de "Zonificación y Uso Potencial de los Suelos de la Zona Cafetera del Oriente de Antioquia" (Cornare FEDECAFETEROS 1.992) y la zonificación de suelos de La FAL EN 1994 se establecen las siguientes regiones agroecológicas en la región Cornare

- **Abejorral – Sonsón** esta zona presenta suelos arcillosos derivados de rocas metamórficas y limo-arcillosos derivados de rocas ígneas (batolito de Sonsón), cubiertos por grandes espesores de cenizas volcánicas. Los principales usos del suelo corresponden a agricultura tradicional (maíz, papa, hortalizas, café, higo, aguacate, etc.), ganadería de leche, cobertura vegetal en bosques naturales y plantado, éste en mayor proporción en el municipio de Abejorral. Existen conflictos marcados entre el uso actual y potencial del suelo que además de las condiciones geológicas y la alta pluviosidad de la zona se reflejan en problemas erosivos como reptación, soliflujión y movimientos en masa.

- **Cocorná - Granada.** Esta región presenta suelos muy ácidos, desaturados y con altos contenidos de aluminio (saturación del 55 al 85%) derivado del material parental: rocas ígneas cuarzodioríticas y depósitos de vertiente de roca ígneas del llamado batolito Antioqueño. Los suelos son muy profundos, de buenas condiciones físicas y de drenaje rápido. La siembra de cítricos, tomate, caña, así como la ganadería de leche constituyen los principales usos del suelo, con sectores cafeteros ubicados en zonas de precipitación muy alta (promedio = 4500 mm/año).

La alta meteorización de la roca, las intensas precipitaciones de la región y la actividad antrópica (construcción de la autopista, cultivos limpios, ganadería, quemadas, etc), además de la fuerte topografía de la región determinada por el avance del frente erosivo del río Magdalena, han determinado un alto grado de inestabilidad de las vertientes y montañas de la zona donde son frecuentes los movimientos de masa a gran escala y la pérdida continua del suelo por erosión.

- **Región de El Peñol.** Es la zona más pequeña puesto que se incluye altitudinalmente entre el nivel de la tabla

de agua de la represa a 1.850 m y los 2.000m; comprende suelos limo - arenosos que conforman colinas y vertientes sobre roca cuarzodiorítica, con frecuencia recubiertos por cenizas volcánicas. La agricultura está sectorizada y se encuentra desde papa en límites con marinilla hasta cultivos de tomate, pimentón, cítricos, café, frijol hacia los pisos más bajos; la mayor parte de la región está cubierta por cobertura boscosa protectora del embalse con fuerte tendencia a bosques plantados: pino, eucalipto y cipres.

La problemática erosiva de la región es intensa, se reportan movimientos de masa y procesos de reptación frecuentes lo que incide notoriamente en la sedimentación de afluentes del embalse. Lo anterior podría explicarse por la tendencia de los usos del suelo hacia cultivos limpios y transitorios como el tomate, que además de dejar extensas áreas expuestas a los agentes erosivos, ha traído consigo un incremento sustancial en el uso de insecticidas, herbicidas, fungicidas y agroquímicos de alta residualidad con una alta contaminación del embalse y de las zonas cultivadas.

- **Concepción – Alejandría.** Ubicada entre los 1.800 y los 2.100 m; comprende suelos derivados de roca ígnea del batolito Antioqueño sometidos a remoción por antigua e intensa actividad minera; actualmente destinados a la siembra de pastos para ganadería extensiva de doble fin, y en forma muy reducida se reporta actividad agrícola de subsistencia: frijol, maíz, caña, plátano, café; ha repuntado la siembra de fique en los últimos años.

La dinámica erosiva de la región está determinada por la ocurrencia de lluvias intensas y los usos del suelo, así como por la socavación de orillas por las corrientes de aguas. Existen áreas protegidas por cobertura boscosa hacia las represas de San Lorenzo y Playas.

- **Región San Roque – Santo Domingo.** Presenta suelos derivados de roca ígnea, con perfiles de meteorización profundos pero de pobre cobertura orgánica. Históricamente la minería artesanal, el barequeo y la utilización actual de dragas reflejan una seria problemática ambiental asociada a la sedimentación de corrientes de agua de la región. La problemática erosiva es compleja y avanzada, conjuntamente con las fuertes pendientes de la región, los usos del suelo y la intensa potrerización.

La actividad ganadera se ha desarrollado hacia San José del Nús, las áreas en bosque no son continuas sino que se presentan como fajas o manchones. Café, caña, plátano y otros cultivos se realizan sin tecnificación alguna.

- **Región Páramo de Sonsón.** La Geología de esta región está conformada por rocas ígneas tipo Cuarzodiorita hornblendica con variaciones a Diorita y Granodiorita (Batolito de Sonsón); así como rocas metamórficas del Precámbrico tipo migmatitas, gneises, cuarcitas y

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño

esquistos del Paleozoico, coberturas de ceniza volcánica de espesores que sobrepasan los 2 metros. Esta litología ha dado origen a colinas sobre saprolitos de rocas ígneas, vertientes sobre rocas ígneas, vertientes sobre rocas metamórficas y a las mayores alturas de la región CORNARE sobre la Cordillera Central en el Oriente Antioqueño: Paramo de Sonsón con sus cerros de la Paloma, Los Cristos, y La Vieja entre otros, que se traducen en un potencial hídrico de la jurisdicción.

Desde el punto de vista agropecuario la región es una zona productora de, maíz papa, café, higo, frutales, ganadería de leche, y explotación maderera. En los últimos años la expansión de la frontera agropecuaria ha acelerado los conflictos por usos del suelo e intensificado la presión sobre los bosques primarios.

La problemática erosiva de esta región está asociada a movimientos en masa con mayor frecuencia sobre vertientes escarpadas de Sonsón, Argelia y Nariño; erosión por escurrimiento difuso en las zonas sometidas a sobrepastoreo, conformados en terracetos.

- **Región Valles de San Nicolás.** La Geología de la región está conformada por Rocas ígneas del llamado Batolito Antioqueño y la cúpula de la Unión, Rocas metamórficas como las Granulitas de El Retiro, Anfibolitas de Medellín y paragneises asociados, y dunitas de Medellín. Las rocas agrupadas bajo el nombre de "Complejo Polimetamórfico de la Cordillera Central",.

En la región se producen alimentos importantes para la canasta familiar de la población antioqueña, tales como maíz, frijol, papa, hortalizas, leche y sus derivados. No obstante, esta producción se ve amenazada por el deterioro que acusan los suelos en áreas disectadas con laderas de pendientes fuertes (>25%) en las que el proceso erosivo ha evacuado todo o gran parte del horizonte superficial o capa arable, dejando al descubierto los horizontes subsuperficiales del perfil del suelo. Por otro lado, la ganadería, dedicada casi en su totalidad a la producción de leche, cuenta con praderas de pastos mejorados como el kikuyo y, en menor proporción, los raigrases,



Foto 3 Cultivos de hortalizas - Altiplano Oriente Antioqueño

cuya producción de forraje es excelente, particularmente en las áreas planas de la cuenca. En otros sectores, el manejo de las praderas requiere un mejoramiento significativo, no sólo para incrementar la capacidad de carga de los potreros, sino para evitar la degradación de los suelos, lo cual es evidente por las huellas que la erosión ha dejado en forma de terracetos y patas de vaca (FAL Ltda., 1994).

En la Cuenca Alta del Río Negro se presentan tres fenómenos que vale la pena resaltar y que conllevan a tendencias en la modificación del uso del suelo (FAL Ltda., 1994):

La expansión que, en los últimos años, han mostrado los cultivos bajo invernadero, particularmente las flores cuyo producido se exporta a Europa y los Estados Unidos. Este fenómeno se vería limitado en el futuro por el abastecimiento de agua cuyas fuentes podrían estar amenazadas si no se pone en ejecución una política seria y efectiva de ordenamiento de las microcuencas.

- La adquisición de predios agrícolas para el establecimiento de fincas de recreo es otro factor que le está restando área útil a la agricultura y a la ganadería, y a esto se suman los procesos de industrialización y urbanización que están ocurriendo en el Altiplano del Oriente Antioqueño.

- La presencia de bosques plantados de cipreses, pinos y eucaliptos, ya que estos constituyen uno de los programas más importantes de reforestación que se ha realizado en el país en las últimas cuatro o cinco décadas, con fines comerciales y de protección de la cuenca.

Según el estudio de FAL Ltda. (1994), la cobertura del suelo en la cuenca alta del Río Negro se distribuye de la siguiente manera: (ver tabla 1)

7.4. EL SUELO COMO SOPORTE DE ASENTAMIENTOS POBLACIONALES E INFRAESTRUCTURA.

En la ingeniería se llama «suelo a los sedimentos u otras acumulaciones no consolidadas de partículas producidas por la desintegración física y la descomposición química de las rocas, que pueden contener o no materia orgánica.»¹, por lo tanto, el mayor interés, para la geotecnia es el conocimiento de las propiedades físicas, el comportamiento y la utilización del suelo como material estructural.

Los suelos de la región CORNARE soportan una infraestructura significativa en todos los ordenes: vivienda, vías, aeropuerto, industrias, embalses, actividad minera, etc., por lo que es de gran importancia tener un conocimiento general sobre variables geológicas,

topográficas, climáticas, de uso, pérdida por erosión. Pero ante todo, y bajo el enfoque Geotécnico, es de mayor interés el conocer las propiedades intrínsecas del suelo mismo: Tamaño, granulometría, textura, composición, porosidad, permeabilidad, capacidad portante, Consistencia (líquido, plástico, semi - sólido y sólido), compresibilidad y expansibilidad, compactación, estabilización y resistencia al corte entre otras, ya que son

estos parámetros los que condicionan en forma final la estabilidad, duración y ubicación de la infraestructura. El aspecto geotécnico de los suelos del Oriente Antioqueño, es tal vez el mas desconocido y solo existen datos puntuales obtenidos para la ejecución de proyectos específicos tales como, vías, urbanizaciones y demás infraestructura, pero aún no se conocen estudios geotécnicos con énfasis ambiental.

Tabla No. 1 Cobertura del suelo en la Cuenca alta del Rio Negro

COBERTURA	AREA (Has)	% DE LA CUENCA
Bosques	33.516,18	35,57
Pastos	38.031,0	40,35
Cultivos	14.112,8	14,98
Tierras eriales	306,1	0,33
Cuerpos de agua	232,4	0,24
Construcciones	4.887,1	5,18
Redes vial e hidrografia	3.124,4	3,35
TOTAL	94.210,9	100,00



24 El recurso suelo Viviente y dinámico:

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño



Uso actual, uso potencial y deterioro del suelo

El suelo de la región del Oriente Antioqueño, originado a partir de la meteorización de rocas ígneas principalmente (cuarzodiorita) y de rocas metamórficas, refleja una acción homogénea de los factores de formación. El material parental está constituido por depósitos de cenizas volcánicas sobre la base de dichas rocas.

La meteorización de las cenizas volcánicas ha generado arcillas amorfas que le dan a los suelos unas características muy propias:

- Alta capacidad de cambio.
- Saturación de Hidrógeno.
- Baja saturación de bases intercambiables.
- Alto contenido de compuestos aluminicos y Aluminio soluble.
- Baja fertilidad de los suelos.

Los análisis de laboratorio y de campo han permitido definir la presencia de terrenos limo - arenosos, constituyendo suelos livianos, porosos, de buen drenaje in-

terno y con alta capacidad para liberar la saturación de agua.

Esto facilita el lavado de los suelos, dejando suelos ácidos con alto poder de retención del Fósforo.

La profundidad efectiva tiende a ser moderada a superficial, el color varía de pardo amarillento a pardo oscuro. En zonas pendientes y de temperaturas altas, las cenizas volcánicas fueron lavadas y la materia orgánica descompuesta, presentándose suelos pesados (arcillosos), de mal drenaje interno y muy baja fertilidad.

La fragilidad de estos suelos, originada por las condiciones naturales descritas además de las prácticas agrícolas usadas (cultivos limpios), resalta la necesidad de introducir prácticas de conservación en los arreglos productivos vigentes y de implementar un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) en la región tendiente a conservar, manejar, aprovechar y proteger este recurso natural no renovable a escala humana.

Tabla No. 2 Cobertura y usos del suelo en la región del Oriente Antioqueño,

USOS DEL SUELO	REGIÓN CORNARE	
	HAS.	%
BOSQUES	410.618	50.73%
PASTOS	287.605	35.53
CULTIVOS	87.864	10.86
TIERRAS ERIALES	1.413	0.17%
CUERPOS DE AGUA	12.545	1.55
CONSTRUCCIONES	9.356	1.16%
TOTAL	809.400	100%

Fuente de Información: Sistema de Información Ambiental Regional. CORNARE 1998.

El estudio de Zonificación y Uso Potencial de los Suelos de la zona cafetera del Oriente de Antioquia, realizado en 1992 por CORNARE y la Federación Nacional de Cafeteros, destaca la presencia de dos grandes unidades fisiográficas en la región del Oriente Antioqueño determinadas por la divisoria de aguas del Páramo que define vertientes hacia el Cauca, en el sector Occidental y hacia el Magdalena, en el sector Oriental.

Las áreas pertenecientes a la cuenca del río Cauca están formadas principalmente por suelos de origen metamórfico con recubrimientos importantes de cenizas volcánicas hacia los remates de las vertientes. La fisiografía frecuente es de vertientes erosionables de longitudes largas (500 - 2.000 metros) con inclinaciones del 50 - 75% y en algunos sectores mayores al 100%. Los procesos erosivos reportados están asociados a la construc-

26 El recurso suelo Viviente y dinámico:

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño

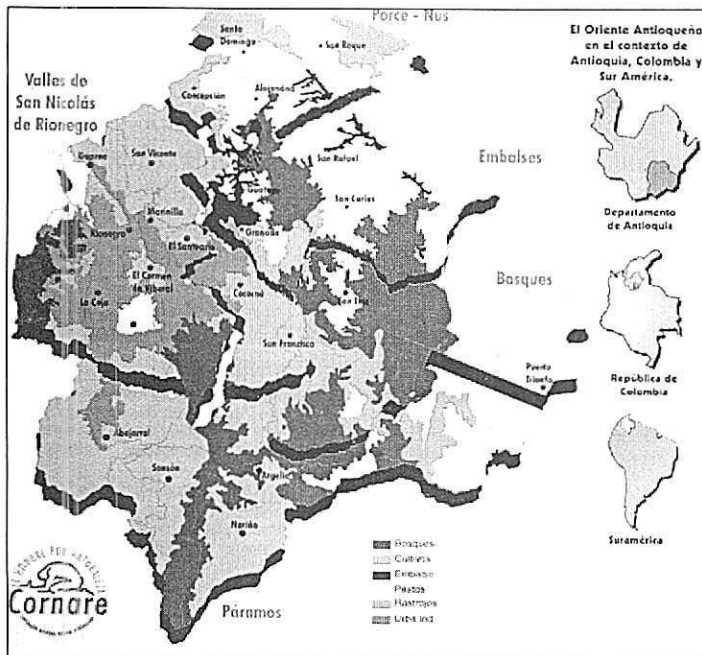
ción de vías terciarias, la deforestación intensa y las altas pendientes básicamente ya que los niveles de precipitación no superan los 2.200 mm/año.

Las áreas y vertientes que drenan hacia el río Magdalena tienen predominancia de suelos de origen ígneo que pertenecen al Batolito Antioqueño (Granitos, Cuarzodioritas y Granodioritas) con coberturas escasas de cenizas volcánicas en las vertientes y de espesores potentes en el altiplano de Rionegro. Presenta núcleos de altas precipitaciones en los alrededores de Cocorná,

San Rafael y Guatapé con promedios mínimos anuales de 4.500 mm, suelos muy ácidos, con altos contenidos de Aluminio, muy profundos, de muy buenas condiciones físicas y de drenaje rápido. La evolución de la fisiografía, en proceso de formación, muestra una sucesión de vertientes erosionales alternadas con áreas de colinas y coluvios en disposición compleja, que por razones de uso y alta precipitación tiene procesos intensos de erosión superficial, surcos, cárcavamiento y procesos de remoción en masa altamente impactantes.

Tabla No. 3 Usos generales del suelo por Subregiones

USOS	ALTIPLANO		BOSQUES		EMBALSES		F. PORCE - NUS		PARAMO		REGION	
	HAS	%	HAS	%	HAS	%	HAS	%	HAS	%	HAS	%
BOSQUES	81838	44,72	110158	78,91	72790	49,89	46568	45,30	99264	41,69	410618	46,0
PASTOS	69888	38,19	26636	19,08	49635	34,02	43587	42,40	97859	41,10	287605	35,53
CULTIVOS	25236	13,79	2429	1,74	11482	7,87	10383	10,10	38334	16,10	87864	16,10
TIERRAS ERIALES	403	0,22	195	0,14	204	0,14	206	0,20	405	0,17	1413	0,17
CUERPOS DE AGUA	275	0,15	28	0,02	10913	7,48	1234	1,20	95	0,04	12545	1,55
CONSTRUCCIONES	5362	2,93	154	0,11	875	0,6	822	0,80	2143	0,90	9356	1,16
TOTAL	183.000	100,00	139.600	100,00	145.900	100,00	102.800	100,00	238.100	100,00	809.400	100,00



Mapa 3. Usos de suelo de la región CORNARE

La calidad del suelo es un indicador de su estado de salud y su diagnóstico refleja la condición de muchas de sus propiedades y procesos. Esta calidad cambia de forma relativamente lenta a causa de procesos naturales, tales como fenómenos climáticos, pero si puede cambiar rápidamente bajo la actividad humana, uso de la tierra y prácticas de cultivo.

El deterioro de los suelos se produce principalmente por la erosión causada por el agua y el viento, pérdida de la materia orgánica, destrucción de su estructura, salinización y contaminación química.

Los suelos son utilizados para muchos propósitos tales como la construcción de carreteras y edificios, depósito de desechos y la producción de cultivos; por lo tanto, la definición de calidad del suelo depende de su objetivo. Particularmente para el caso de la agricultura, el término calidad del suelo está relacionado de manera equivo-

cada sólo con productividad, por lo tanto, un suelo sano o de buena calidad produce cosechas abundantes y de alta calidad.

Sin embargo, la calidad del suelo es parte de un amplio sistema ecológico, el cual interactúa y afecta otras partes del sistema, por consiguiente es necesario considerar una nueva definición de calidad de suelo que esté más allá de la productividad y la conecte con el medio ambiente como un todo, por lo tanto, se puede definir como la capacidad que tiene el suelo para permitir el desarrollo de un cultivo sin que resulte en la degradación de éste o en detrimento del medio ambiente.

Los trabajos de análisis del suelo deben permitir establecer un diagnóstico, a través del conocimiento de muchas de sus propiedades físicas, químicas, mecánicas y biológicas y de los procesos que suceden en él, para determinar su calidad.

Aunque la calidad de los suelos no puede ser medida directamente, ésta puede ser inferida o estimada mediante la medición de algunas de sus propiedades (por ejemplo pH, ma-

teria orgánica, CIC) o por observación de algunas de sus condiciones (tales como fertilidad, estructura y erodabilidad), y su estado de salud mediante el reconocimiento de algunos microorganismos indicadores. Los investigadores de suelos en la actualidad reconocen la necesidad de establecer métodos confiables y sistemáticos para evaluar la calidad de los suelos; una posibilidad promisoría es el desarrollo de índices de calidad del suelo, basado en un continuo monitoreo en el tiempo y en áreas definidas de tal manera que pronostique los efectos de las prácticas de cultivo, teniendo como referencia las mediciones de ciertas propiedades del suelo, funciones y condiciones que provean indicadores eficientes de la calidad del recurso.

1. Afectación por Ocupación:

- Deterioro de áreas de gran potencial agrícola por el desarrollo de infraestructura, industrias, embalses y minería.

28 El recurso suelo Viviente y dinámico:

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño



Foto 4 Erosión del suelo tipo reptación.

- Expansión de la frontera agrícola hacia áreas boscosas, de mayor pendiente o de baja calidad de suelos productivos.
- Contaminación del recurso suelo por ser receptor final de agroquímicos, derrames de hidrocarburos, lixiviados, y residuos sólidos.

2. Expansión e incremento de la actividad de pastoreo en áreas no aptas, ocasionando compactación, degradación y erosión del recurso suelo.

3. Intervención o presión sobre áreas de manejo especial con actividades agropecuarias, mineras, industriales, de infraestructura y de aprovechamiento forestal.

4. Procesos erosivos:

- ◆ Erosión Moderada: en la regiones Valles de San Nicolás, parte de Bosques y Páramo.

- ◆ Erosión moderada y Severa: Región de Embalses, parte de Porce - Nús y de Bosques. En particular se tienen como sitios de mayor problemática erosiva, ya por condiciones naturales o antrópicas, los siguientes: Cristales (corregimiento de San Roque), Argelia, Nariño, Cocorná, Granada, San Carlos, San Rafael, Santo Domingo, El Peñol, San Vicente y Sonsón. (ver foto 4)

No se tienen datos o cifras totales sobre la pérdida del recurso suelo y grado de erosión de toda la región CORNARE, existen datos obtenidos por Empresas Públicas, ISAGEN, CENICAFE y CORNARE, correspondiente a estudios puntuales y de áreas de interés (zonas de embalses) que han identificado problemas por lo siguiente:

- Actividad minera puntual (Puerto Triunfo, Porce – Nús, Aguas, Altiplano, Páramo)

- Arrastre y sedimentación de quebradas, ríos, embalses, lagos y lagunas.

- Incremento de la mecanización de las actividades agrícolas (Valles de San Nicolás).

- Deforestación intensiva como único medio de sustento, con exposición de suelos frágiles y pobres en materia orgánica a la acción erosiva del agua (San Luis, San Francisco, Cocorná, San Carlos).

- Condicionantes geológicos y estructurales: fallamiento regional, control estructural marcado, perfiles de meteorización profundos y susceptibles a la erosión (limo arenosos)

- Desconocimiento parcial o total de la oferta y demanda del recurso suelo (tasa de formación, tasa de erosión, superficies degradadas, volumen de sedimentos aportados a las fuentes de agua, morfometría de las grandes cuencas, etc.)

- Prácticas agrícolas inapropiadas o desfavorables al medio.

- Áreas con alta precipitación anual promedio (algunos puntos superan los 4000 mm/año: Cocorná, San Rafael, San Carlos). (ver foto 5)

- Destrucción de la estructura del suelo derivado de ceniza volcánica por Reinversión de los horizontes del suelo y otras prácticas inapropiadas (Valles de San Nicolás, Páramo).

- Contaminación del suelo y por ende del agua subterránea ya que éste actúa como filtro natural.

- Falta de planificación a escala adecuada de los usos del suelo o de aplicación de los ordenamientos ya realizados, generando conflictos ambientales por sobre o subutilización del recurso.

- Falta de formulación y/o ejecución de lineamientos de Política de Conservación, Recuperación y Aprovechamiento sostenible del recurso suelo por parte de las instituciones gubernamentales (Ministerio, Gobernación, CARS, Municipios).

- Deficiente Gestión ambiental de las entidades territorial a nivel manejo, conservación y aprovechamiento del suelo por parte de las UMATAS y las Oficinas Ambientales.

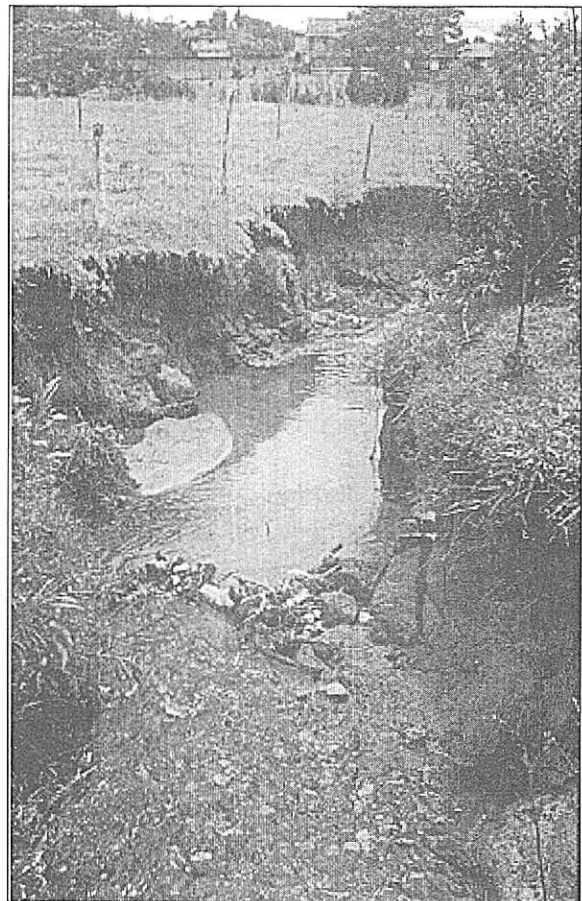
- Gestión nacional e internacional deficiente en lo referente a este recurso.



Foto 5 Erosión tipo deslizamientos por intensa precipitación. Vereda la arenosa - municipio de San Carlos 1990

- En la región se localiza el distrito o reserva agropecuaria del Departamento de Antioquia (Valles de San Nicolás, Páramo)
- Se produce cerca del 30% de la energía del país (región de embalses)
- Potencial turístico: riqueza de paisajes, geoformas, y suelos.
- Producción de aguas: Páramo, Altiplano, Bosques.
- Potencial minero: calizas y mármoles, material de arrastre, minerales pétreos, arcillas, oro, etc.
- Asentamiento de entidades públicas y privadas con injerencia en el recurso suelo e interés en su gestión ambiental: EE PP de Medellín, ISA, EADE, Comité Departamental de Cafeteros, Municipios, CORNARE, Sector industrial y minero, etc.

- Experiencia de CORNARE en la protección, recuperación y manejo del recurso suelo en la región a través de programas de Control de Erosión y Prevención de Desastres (Cárcavas aeropuerto de Rionegro, Quebrada la Ceja, La Arenosa – San Carlos, etc.) y publicación de material educativo: Manual de control de Erosión.
- Profesionales capacitados en las áreas Civil, Geológica, Agronomía, Forestal que conocen la región, aplican tecnologías apropiadas que se reflejan en beneficio para las comunidades y un mejor conocimiento de sus recursos.



30 El recurso suelo Viviente y dinámico:

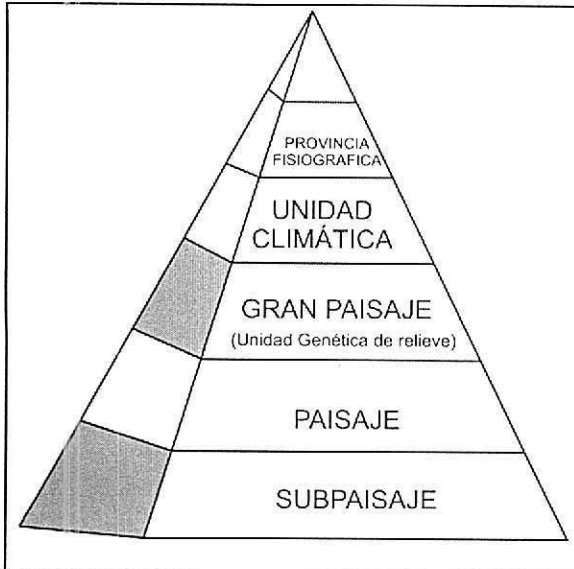
Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño

Gestión Ambiental del recurso suelo

11.1 DESDE LA PLANEACION

A partir de las unidades de suelo es posible establecer un sistema de clasificación fisiográfica, a manera de ejemplo se plantea el modelo propuesto por el CIAF 1.992 y retomado por H. Villota en 1.995 (ver figura 1)

Figura 1. Clasificación fisiográfica de unidades del suelo. Villota 1995



Los procesos de planificación y ordenamiento del territorio se han soportado en el conjunto de actuaciones físicas, normativas y prospectivas a través de la elaboración de diagnósticos, estudios, actos administrativos y legales tendientes a implementar acciones de conservación, manejo y aprovechamiento sustentable del recurso suelo en el oriente Antioqueño. Se destacan entre otras las siguientes acciones:

- Acuerdo 016 del 06 de Agosto de 1998, suelos de protección y aptitud forestal.
- Acuerdo 052 de 1998 (llanuras de inundación)
- Acuerdo 093 de 2000 (Cenizas Volcánicas)
- Proyecto Pueblos

- Plan de Manejo y Ordenamiento de la región Bosques.
- Plan de Ordenamiento Territorial y Ambiental de la subregión Embalses.
- Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Samaná Sur, Convenio CORNARE - CORPOCALDAS, 1997.
- Plan de ordenamiento y Manejo del Páramo de Sonsón, Argelia y Nariño.
- Estudio de Zonificación y Uso Potencial de los Suelos de la zona Cafetera del Oriente Antioqueño. Convenio CORNARE - Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 1992.
- Protocolo para el Desarrollo Regional, CORNARE, 1988.
- Plan de Ordenamiento de la cuenca Alta del Rionegro.
- Estudios Básicos y formulación del Plan de Ordenamiento y Manejo de las Cuencas hidrográficas de los ríos Guatapé, San Carlos, Calderas, Tafetanes y las quebradas Las Vegas y Honda. ISA (EPAM LTDA), 1983.
- Estudio de Ordenamiento y Manejo de la cuenca del río Nare Medio, 1990.
- Elaboración y aplicación de lineamientos ambientales sobre el recurso suelo en los Planes y Esquemas de Ordenamiento Territorial (Ley 388).
- Dimensionamiento de Procesos Erosivos en los Municipios de Peñol, San Carlos, Argelia, Nariño, Santo Domingo y Cocorná (1996 - 1999)
- Aspectos geológicos y geomorfológicos del área de jurisdicción de Cornare" 1988. Autor: Michel Hermelin y Asociados.
- Aspectos de erosión en 11 cuencas y subcuencas de la jurisdicción. 1993.
- Control de erosión en cárcavas sobre terrenos aledaños a la cabecera norte del aeropuerto José María Córdoba de Rionegro: Informe final 1996.
- Erosión en la zona aeroportuaria: prediagnóstico 1989.
- Estudio de recuperación y manejo de la cuenca hidrográfica de la Quebrada la Arenosa 1991.
- Explicación de tabla inventario y descripción de zonas afectadas por procesos erosivos y/o movimientos de masas 1996.
- Evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo en el centro poblado del corregimiento de Santa Ana, Municipio de Granada; El Prodigio (San Luis), Mesopotamia (La Unión), entre otros realizados en 1997.

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño

- Caracterización Y Mapificación De Las Cenizas Volcánicas En La Subregión De Los Valles De San Nicolás Autores: Cornare-Universidad EAFIT 2000

- Identificación De Zonas Potencialmente Explotables Para Los Recursos Minerales Y Pétreos En La Subregión De Los Valles De San Nicolás Y Lineamientos Ambientales Para Su Aprovechamiento. Autores: Cornare - Universidad EAFIT

- Ordenamiento ambiental de la actividad Minera en el cauce y llanura de inundación del Río Negro entre el Embalse de la Fe y la vereda Río Abajo Raúl Sepúlveda Valencia –Cornare Tesis UN. 2004 Facultad de Minas.

- Caracterización y análisis de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. parte baja de las microcuencas la Honda, el Chocho y el Pozo en la vereda el Porvenir del municipio de Marinilla.

tipación de todos las instituciones y entidades de la región y el Departamento.

El estado del conocimiento del recurso suelo deberá enmarcarse en los referentes nacionales establecidos en el SIAC Sistema de Información Ambiental para Colombia elaborado por el IDEAM y el Minambiente en Julio de 2002

A continuación se relaciona en una forma breve las principales experiencias llevadas a cabo por la Corporación Autónoma Regional Rionegro - Nare CORNARE en su jurisdicción del oriente antioqueño desde el punto de vista de la conservación del recurso suelo a través de la implementación de los lineamientos establecidos en el Acuerdo 016 de 1998 en la subregión Valles de San Nicolás, el cual se encuentra vigente en la actualidad y marca un hito ambiental de gran referencia para el ordenamiento del territorio en los nueve municipios de esta subregión.

11.2 DESDE LA EJECUCION

La corporación ha implementado desde su inicio institucional entre otros programas, proyectos y actividades de Ordenamiento físico del Recurso suelo, Protección de Microcuencas, acompañamiento a los POT de los municipios, convenios marco de control de erosión, recuperación de áreas degradadas, convenios de producción Más Limpia con los sectores productivos, zonificación de áreas de manejo especial, reglamentación de densidades de ocupación, así como numerosos estudios de Amenaza Vulnerabilidad y Riesgo de los centros poblados de la región; levantamiento de cobertura y usos del suelo, saneamiento ambiental (PTAR y MIRS). Este conjunto de acciones inciden en forma integral en el manejo, aprovechamiento, conservación y recuperación del recurso suelo de la región Cornare.

11.3 DESDE LA EVALUACION Y AJUSTE

Mediante los convenios de Producción más limpia y la implementación de las Tasas Retributivas, se ha logrado avanzar en la implementación de sistemas de Monitoreo y seguimiento a los recursos naturales. Existe una buena información básica a escala global que nos sirve de insumo preliminar para llevar a cabo ejercicios de Valoración Ambiental del Recurso Suelo en la Jurisdicción CORNARE, entendiendo que aún estamos en la fase de construcción de la Línea Base de la región y que por lo tanto necesitamos trabajar fuertemente a una escala más detallada y con un nivel información más elevado lo cual solo será posible con la par-

12.1 ACUERDO 016 DE 1998. POR MEDIO DEL CUAL SE ADOPTAN LOS LINEAMIENTOS Y SE TRAZAN LAS DIRECTRICES AMBIENTALES PARA EFECTOS DE LA ORDENACIÓN DEL TERRITORIO EN LA SUBREGIÓN DE LOS VALLES DE SAN NICOLÁS.

En cierto modo, la legislación ambiental anterior al acuerdo 016 del 6 de Agosto de 1.998 (en particular el acuerdo 019 de 1990) se centró en diseñar mecanismos de protección para la función inherente del territorio de producir recursos hídricos necesarios para el funcionamiento de los proyectos hidroeléctricos asentados en la región, sin tener en cuenta, de forma adecuada e integral, la posibilidad de otros usos que impactan fuertemente el recurso suelo, tales como, aquellos que requieren necesariamente la remoción de la ceniza volcánica, y el aprovechamiento de los recursos minerales y pétreos, en este último se produjo entonces por un lado la informalización del sector que desconocía la norma, particularmente en el caso de materiales de construcción, y por otro lado aumentó la oferta de estos mismos materiales producidos en el Valle de Aburrá, con las consecuencias ambientales que esto conlleva.

Igualmente se desconoció en la reglamentación anterior, el papel que juega el recurso suelo en la producción, almacenamiento y conservación del agua subterránea. Con la expedición del Acuerdo 016 de Agosto 6 de 1998, se adoptan los lineamientos y se trazan las directrices ambientales para efectos de la ordenación del territorio en la subregión de los valles de San Nicolás. A la luz de este acuerdo, se pretende caracterizar las cenizas volcánicas como un recurso importante para la recarga de

acuíferos y caracterizar la actividad minera en la región, reconocer su potencial minero y establecer los criterios ambientales generales para su aprovechamiento.

En dicho acuerdo, se determinan zonas de protección teniendo en cuenta las características del recurso suelo de manera integrada con los demás recursos, permitiendo en ellas únicamente usos y actividades de conservación de los recursos naturales, enriquecimiento forestal, manejo de la sucesión vegetal o reforestación, preferiblemente con especies nativas y con fines de protección, investigación, educación e interpretación ambiental. Dichas zonas presentan alguna de las siguientes características:

1. Pendiente superior al 75%
2. Alto riesgo de desastre.
3. Cobertura en bosque natural primario
4. Areas de retiro de los cauces de la red hídrica
5. Relieve escarpado con condiciones de susceptibilidad alta al deterioro.

Igualmente, establece el Acuerdo 016, que en atención a la necesidad de proteger la recarga y regulación del recurso hídrico y de preservar los suelos, dada la creciente amenaza de extinción de la ceniza volcánica, se determinan zonas de aptitud forestal en las cuales, por su alta fragilidad y alta intervención humana se debe conservar el ochenta por ciento en cobertura boscosa y además, como medida preventiva no se permitirá una densidad superior a una vivienda por hectárea.

La determinación de estas zonas de protección y de aptitud forestal y su adopción en los planes de ordenamiento territorial, se constituye en la primera experiencia exitosa para la misión de la conservación y manejo integral del recurso suelo, desacelerando la presión sobre los usos del suelo y reduciendo los impactos ambientales producidos por actividades antrópicas en las zonas de alta fragilidad. Sin embargo aún no se puede determinar con certeza y con indicadores medibles y verificables los resultados de la implementación de este Acuerdo, debido a dificultades que se expondrán más adelante, para la implementación de un plan de

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño

monitoreo, el cual será objeto fundamental de la presente política de suelos.

A raíz de la expedición del Acuerdo 016 de 1998, Cornare emprendió en Convenio con las universidades Eafit y Nacional, tres importantes investigaciones relacionadas con el recurso suelo, son ellas, La Caracterización, cuantificación y mapeación de las Cenizas Volcánicas, Identificación de zonas potencialmente explotables para los recursos minerales y pétreos y lineamientos ambientales para su aprovechamiento y el estudio hidrogeológico de la subregión. Dichos estudios han arrojado datos precisos y antes desconocidos sobre el estado actual y las potencialidades del recurso suelo, permitiendo tomar decisiones más certeras sobre la administración y control y seguimiento de los recursos naturales, han determinado tendencias, características y comportamientos del recurso y se han obtenido entre otros los siguientes logros específicos:

12.2 CARACTERIZACIÓN, MAPEACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS CENIZAS VOLCÁNICAS EN LA SUBREGIÓN VALLES DE SAN NICOLÁS:

A partir del estudio de Cenizas Volcánicas realizado en Convenio con la Universidad Eafit, se obtuvieron los siguientes logros:

a.) Determinación científica de la importancia de las cenizas volcánicas y recomendaciones para futuros trabajos de investigación y para los usos del suelo:

- Las capas de cenizas volcánicas son un factor importante en el medio físico, no solo por el papel que juega en la edafogénesis y por las características particulares que estos piroclastos le imprimen a los suelos, sino también por la acción que ejerce en el ciclo hidrológico contribuyendo a disminuir la escorrentía y permitiendo la infiltración en el subsuelo en largos periodos de tiempo, debido a la alta capacidad de retención de agua lo que contribuyen en la distribución del agua en el subsuelo. Además la presencia de cenizas volcánicas proporciona un ambiente húmedo favoreciendo el régimen de humedad edáfico, cuyo impacto en la relación suelo – planta -precipitación, es muy significativo.

- Las cenizas volcánicas son un medio de almacenamiento de aguas sobrantes y purificador de las aguas, al infiltrarse a través de estas. El deterioro de las cenizas volcánicas y los requerimientos para el control es-

tán en función directa de la evolución y el crecimiento de las actividades productivas y el desarrollo urbano, y en consecuencia de manera directa sobre las principales fuentes de aguas subterráneas.

b.) Análisis de la cobertura de cenizas volcánicas según Acuerdo 016 y por subcuencas

Para la cuenca del Río Negro en la zona de estudio se encontró que el 41% del área tiene en promedio entre 100 y 150 cm de espesor de cenizas, el 25% entre 50 y 100 cm, el 14% entre 150 y 200 cm y el 1% aproximadamente un espesor mayor a 200 cm. En el 19% del área las mismas han sido erosionadas. El análisis por subcuencas del estado de las cenizas volcánicas permitió establecer que para algunas cuencas como la de Río Negro y la Quebrada la Honda-La Mosca, el deterioro de las cenizas volcánicas es marcado en aproximadamente el 50% de la zona. Las subcuencas de la La Enea El Salado, La compañía, La Pereira y el Río Pantanillo, más del 70% del área presenta una cobertura de cenizas volcánicas superior al 70% y en el resto del área ya no existe un buen cubrimiento de cenizas.

Según el mapa del Acuerdo 016/98 entregado por CORNARE, de 930 km² que cubre el área de estudio, 101 km² están reglamentados como zona de aptitud forestal y 107 km² como zonas de protección aproximadamente. Esto representa para las vertientes que drenan la cuenca del Río Negro en los valles de San Nicolás, que el 10.8% del total de la cuenca queda como zona de aptitud forestal y el 11.6% como zona de protección.

Las zonas de protección del ACUERDO 016/98 no protegen preferencialmente la cobertura de cenizas volcánicas, pues de los 107 km² definidos como zonas de protección, 65 km² se encuentran en zonas donde las mismas han sido erosionadas. Por lo tanto sólo en 43 km² aproximadamente de la zona de estudio las zonas de protección garantizarán la protección de las cenizas volcánicas, lo que equivale al 4.6% de la cuenca, siempre y cuando las mismas no sean removidas durante el proceso de reforestación.

Las zonas de aptitud forestal por el contrario, se encuentran en su mayoría en zonas con cobertura de cenizas volcánicas, donde 99 de los 101 km² definidos como tal tienen una cobertura de cenizas volcánicas. Las zonas de aptitud forestal con cobertura de cenizas volcánicas superiores a 50 cm representan el 10% de las vertientes de los Valles de San Nicolás que drenan la cuenca del Río Negro. Las zonas de aptitud forestal si se encuentran en áreas con cobertura de cenizas, pero no hay un buen balance del porcentaje por subcuenca.

Se considera que esta reglamentación no es suficiente para conservar las cenizas volcánicas y ya que las

zonas de aptitud forestal representan sólo el 10% del área total, con cobertura de cenizas volcánicas y que las zonas de protección están en su mayoría en zonas sin cenizas, es necesario no sólo un control importante en esas zonas de aptitud forestal, sino en toda la cuenca. Dado que el horizonte húmico es posiblemente el más importante, no sólo para su conservación sino para su regeneración, se debe garantizar actividades de

reforestación en estas áreas de aptitud forestal. Para cada una de las zonas cartografiadas se calculó el área en km², el porcentaje que representa sobre el área total y el volumen de cenizas acumuladas (Tabla 4). Para determinar el volumen se realizaron tres cálculos; el primero tomando un espesor mínimo (Volumen mínimo), el segundo tomando el espesor máximo (volumen máximo) y el tercero tomando un espesor promedio, es decir, 25cm, 75 cm, etc (Volumen promedio).

Tabla No.4 Distribución de las cenizas volcánicas en la subregión Valles de San Nicolás

Espesores cenizas	Area %	Area km2	Volumen Mínimo de (m3)	Volumen Máximo de cenizas (m3)	Volumen promedio (m3)
0-50	19	177	0	8.85E+07	4.42E+07
50-100	25	233	1.17E+08	2.33E+08	1.74E+08
100-150	41	381	3.81E+08	5.72E+08	4.77E+08
150-200	13	121	1.82E+08	2.42E+08	2.12E+08
200-250	1	9	1.80E+07	2.25E+07	2.09E+07
250-300	1	9	2.25E+07	2.70E+07	2.56E+07
Total	100	930	7.20E+08	1.18E+09	9.53E+08

Tabla 4 Síntesis de las áreas de la cuenca según el espesor de cenizas volcánicas que se observó. En las columnas de la derecha se estimó el volumen mínimo (tomando espesor mínimo), el volumen máximo (con base en el espesor máximo) y valor promedio (con base en el espesor promedio).

c.) Reglamentación del uso, manejo y aprovechamiento y conservación de las cenizas volcánicas, a través del Acuerdo 093 de 2000.

El acuerdo 093 de 2000 fue incorporado en los planes de ordenamiento de los municipios de la Subregión de Valles de San Nicolás y ha creado conciencia en el manejo de los suelos en dicha región

12.3 IDENTIFICACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE ZONAS POTENCIALMENTE EXPLOTABLES PARA LOS RECURSOS MINERALES Y PÉTREOS.

A partir del estudio de Identificación de zonas potencialmente explotables y lineamientos ambientales para su aprovechamiento:

a.) En la subregión de los Valles de San Nicolás los recursos mineros potencialmente explotables corresponden a: pétreos abundantes en la totalidad de la subregión, arcillas y caolines industriales en los municipios de La Unión, El Carmen de Viboral, La Ceja, El Retiro y Rionegro, oro de filón y oro aluvial en el municipio de San Vicente y El Carmen de Viboral, feldespatos en los municipios de El Retiro, La ceja, La unión, Marinilla, El Santuario y Rionegro.

b.) Pueden existir además otros minerales tales como: Cobalto en el municipio de El Retiro, Cobre en los municipios de La Ceja y La Unión, Magnesio, en el municipio de La Unión, Manganeso en el municipio de El Carmen de Viboral, Mercurio en el municipio de El Retiro, Micas en los municipios de El Carmen de Viboral, La Ceja y La Unión, Salinas y fuentes saladas en los municipios de El Carmen de Viboral, Guarne, El Retiro, El Santuario y San Vicente, Talco en los municipios de La Ceja y La Unión, Uranio en el municipio de La Unión y Zinc en el municipio de San Vicente y cromita en el municipio de El Retiro.

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño

c.) Una gran cantidad de recursos minerales y pétreos de la subregión de los Valles de San Nicolás, ocurren en zonas con limitaciones ambientales establecidas en los planes de ordenamiento territorial, de la siguiente manera:

- En zonas de protección por poseer pendientes superiores al 75%, cuando la unidad litológica predominante corresponde a rocas metamórficas, se encuentran abundantes recursos pétreos de excelente calidad y posiblemente Cromita.

- Areas de protección definidas para la conservación del bosque primario y recuperación del bosque intervenido tales como: Zona El Carmen de Viboral (cañones de los ríos Melcocho y Santo Domingo), Zona sector sur de los municipios de El Retiro y La Ceja, Zona Cuchillas alto del Organo, jurisdicción del municipio de Guarne, Zona Alto de Las Cruces en jurisdicción del municipio de Guarne, Zona Plan Alto de Santa Elena Sur, parte alta del Río Negro, Límites entre los municipios de Rionegro, Envigado y El Retiro, Zona sector quebrada La Agudelo, parte alta, jurisdicción del municipio de El Retiro, Zona de influencia Embalse La Fe, Zona de influencia del Río Buey, Zona Pantanillo Alto del Chuscal, jurisdicción del municipio de El Retiro, Zona Cerro El Capiro, jurisdicción de los municipios de La Ceja y Rionegro, Zona de los ríos Cocorná y San Lorenzo, jurisdicción del municipio de El Carmen de Viboral, Zona Cuchilla La Madera, en límites entre La Unión y El Carmen de Viboral, Zona Alto El Venado, jurisdicción de los municipios de Marinilla y San Vicente, Zona Cuchilla Los Cedros, límites entre

Marinilla y El Santuario, corresponden a zonas potencialmente explotables para pétreos.

- En zonas determinadas como áreas de Manejo Especial, particularmente en las partes altas de las cuencas y cuchillas, donde el uso del suelo predominante corresponde a bosque. Estas áreas son: Cerro El Capiro, San Sebastián de La Castellana, Microcuenca La Brizuela, Microcuenca Pantanillo, Cuchilla límite El Carmen – La Unión, Microcuenca La Bolsa, Microcuenca Cimarronas, Microcuenca Travesías, Microcuenca El Salto, corresponden a zonas potencialmente explotables para pétreos.

d.) Gran parte de las áreas identificadas como zonas potencialmente explotables para los recursos pétreos y, en menor medida, para minerales estratégicos como el oro de filón y la cromita, corresponden a zonas clasificadas como de aptitud forestal, en las cuales se debe conservar un 80% de dicha área en cobertura boscosa.

e.) En la subregión Valles de San Nicolás, existen extensas zonas degradadas por antigua actividad minera, especialmente de oro, representadas por cárcavas inactivas de grandes dimensiones y socavación de cauces, cuya recuperación no es espontánea y no presenta ningún tipo de evolución de la cobertura vegetal, si bien el proceso erosivo se detiene, la formación de suelo es lenta o casi nula.

f.) Sectores con limitaciones ambientales para su aprovechamiento como zonas potencialmente explotables (ver tabla 5)

Tabla No. 5 Sectores con restricciones ambientales para el desarrollo minero

SECTOR	RECURSO	ACUERDO 016
Vereda Río Abajo	Oro y pétreos aluviales	Zona de Aptitud Forestal
Cuenca quebrada Yarumal	Pétreos	Zona de Protección y de Aptitud Forestal
Alto de Nano (La Ceja)	Pétreos	Zona de Protección y de Aptitud Forestal
Cuchilla La Madera	Pétreos	Zona de Protección y de Aptitud Forestal
Río La Miel	Pétreos	Zona de Protección y de Aptitud Forestal
Quebrada La Agudelo (parte baja)	Oro y pétreos aluviales	Sin Restricciones
Vía a la vereda pantalio (La Unión)	Pétreos	Zona de protección
Vereda Las Colmenas La Gracia (La Unión)	Talco y pétreos	Zona de protección
Vereda San Miguel (La Unión)	Pétreos	Zona de protección
Sector Altamira El Cuarenta - (La Unión)	Pétreos	Zona de protección

12.4 EXPERIENCIAS DE CONTROL DE EROSION. CONTROL DE EROSIÓN A LAS CARCAVAS AEROPUERTO JOSE MARIA CORDOVA - RIONEGRO ANTIOQUIA

La inapropiada disposición y manejo de un volumen considerable de suelo limo – arenoso removido durante la adecuación de los terrenos del actual aeropuerto, originó en la década del 80, la formación de un complejo de cárcavas hacia la cabecera norte del proyecto (ver foto 6). Esta situación puso en riesgo la infraestructura de embalses de la región al elevar el volumen de sedimentación del Rionegro (río que alimenta el embalse Peñol Guatapé) alteró en forma negativa la capacidad hidráulica de las corrientes de aguas de numerosos afluentes y modificó, el paisaje de la región, amén de los impactos ambientales asociados a los componentes biótico, abiótico y sociales.

Acciones implementadas

1. Como autoridad ambiental de la región, CORNARE lideró la coordinación interinstitucional para la toma de decisiones, determinación de funciones, competencias y responsabilidades de mitigación, recuperación de las áreas afectadas con la participación de la AEROCIVIL, el Departamento de Antioquia, El Municipio de Rionegro y la comunidad asentada en la zona de influencia del proyecto.

2. El reporte y diagnóstico ambiental de dicha situación fue realizado por la comunidad y un equipo técnico de la Corporación. Se lideró en forma conjunta con la AEROCIVIL, el DEPTO de Antioquia y el Municipio de Rionegro un proyecto integral de recuperación del área afectada, partiendo de la realización en Mayo de 1990 del "ESTUDIO PARA EL CONTROL DE EROSION DE CARCAVAS, AL NORTE DEL AEROPUERTO JOSE MARIA CORDOVA, a través de la firma consultora SANEAR LTDA.²

El estudio cubrió una extensión de 160 hectáreas, de las cuales 55 presentaban erosión entre avanzada y severa, comprendiendo las siguientes etapas:

Datos del estudio

A. Evaluación Preliminar: En la cual se desarrolló un trabajo de campo intensivo con duración de cin-

co (5) meses para obtener la información necesaria sobre la zona y las características del problema, así como los índices y parámetros necesarios para el diseño de las medidas correctivas mecánicas y biológicas.

Esta evaluación se sistematizó, analizó y condensó en cinco bloques: Topografía, Hidrología y Sedimentos, Geología y caracterización de los problemas erosivos, evaluación agrológica y evaluación general con informe principal así como el análisis y el prediseño de las medidas de control.

B. Actividades de Campo y Oficina en la fase de diseño

Incluyó las siguientes actividades: Levantamiento detallado de cárcavas, clasificación de problemas y controles, Instrumentación y Monitoreo de una Microcuenca específica y de la cárcava modelo, concreción de metodología para implementación del proyecto.

El estudio permitió hacer la tipificación de las cárcavas y realizar el diseño preliminar de las medidas de control a través de obras civiles y biológicas.

C. Actividades agronómicas

Ensayo de Adaptación de especies Vegetales

De un alto número de Gramíneas ensayadas presentaron buena adaptabilidad y rápido desarrollo la braquipará, el urare y la yaraguá peluda, que fueron sembradas a chorrillo y por cepas en la planicie de sedimentación.

El imperial por su hábito de crecimiento solo se uso como barrera viva, en otras etapas del proyecto se implementaron leguminosas como Chachafruto, vitabosa y retamos.

La implementación de un proyecto piloto de control de erosión en una cárcava tipo del área afectada

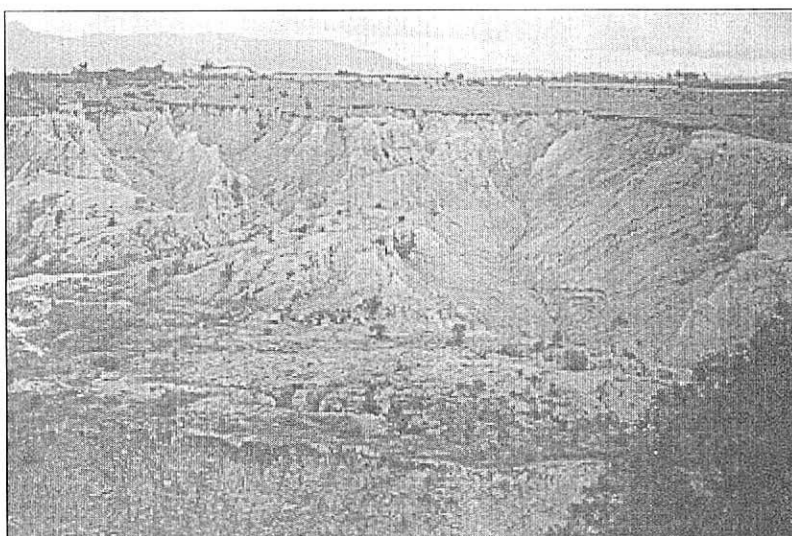


Foto 6 vista general de las cárcavas aeropuerto José María Cordova de Rionegro

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño



Foto 7 Obras típicas para el control de erosión

Por parte de la firma y de la experiencia del equipo de profesionales de la Corporación, fue el punto de partida para el inicio de un programa continuado de recuperación del área afectada que demandó una inversión superior a los 300 millones de pesos en un periodo de cinco años.

El seguimiento al proyecto piloto arrojó resultados de tipo práctico para el diseño de las obras civiles y biológicas de control de erosión presente a escala mayor.

Con base en el estudio de consultoría y en la experiencia piloto se acordó con el Departamento de Antioquia la realización del remoldeo mecánico de la totalidad del área erosionada, actividad que se había realizado en la cárcava demostrativa en forma manual. Paralelamente, la firma consultora construyó los drenajes de aguas lluvias superiores (cunetas rondas), los drenajes para aguas semipermanentes (filtros) y las estructuras de retención de sedimentos (diques) en el cierre de cada una de las tres (3) miccuencas.

Por medio de licitación pública se contrató la ejecución de la primera etapa de obras de recuperación y Control de erosión de la microcuenca de mayor extensión y aporte de sedimentos.

Posteriormente y con el apoyo de CORNARE se desarrollaron otras tres etapas de obras para el tratamiento de las restantes áreas erosionadas, realizando los ajustes en cuanto a los componentes, los diseños y especialmente las obras biológicas.

Todas y cada una de las actividades realizadas involucró la contratación y generación de empleo de personal de la región.

Metodología de trabajo.

Manejo de cárcavas

En la cárcava piloto se desarrollaron las actividades básicas para el control integral del arrastre de sedimentos así como la recuperación biótica del área, que se pueden resumir de la siguiente forma:

Control del agente erosivo – el agua – mediante la implementación de cuneta ronda con su estructura de descarga y manejo del agua al interior de la cárcava mediante un canal central.

Remoldeo y compactación manual del material suelto. Construcción de estructuras de retención de sedimentos y logro de pendientes de compensación mediante diques en costales con suelo-cemento, trinchos en guadua y siembra de barreras vivas.

Construcción de estructura de retención de sedimentos en el cierre de la cárcava en costales con suelo-cemento.

En la parte vegetal se realizaron varios ensayos con barreras vivas especialmente con gramíneas obteniéndose los mejores resultados con los retamos liso y espinoso. En cuanto a la cobertura se trabajó de una manera muy incipiente con algunos pastos como: yaraguá peluda, braquiopará y otras braquiarias.



Foto 8 Trinchos y cunetas para recuperación del suelo

El desarrollo de las obras como tal exigió el ajuste, rediseño e implementación de otras medidas adicionales a las realizadas para la cárcava modelo esto se explica por la complejidad de los sistemas que interactuaban y por la particularidad de cada caso, entre otras:

Fue necesario rediseñar el sistema de drenajes propuesto por el estudio en lo referente a ampliación de las cunetas, el diseño de un canal colector con disipadores, aumento de la capacidad de los filtros y diseño de su estructura de entrega (poceta con diques laterales). Implementación de cunetas transversales cada siete (7) a diez metros (10) dependiendo de la pendiente de la cárcava; cunetas colectoras con disipadores se adecuaron en la dirección de la pendiente sobre los lomos del terreno o en los interfluvios. Los continuos daños sobre el sistema de retención de sedimentos (trinchos) obligaron el cambio en la dirección de la colección de aguas.

Por la gran extensión de la zona a remodelar (inicialmente un área de 30 hectáreas) de forma que se obtuviera una mayor eficiencia y con la disponibilidad de maquinaria del departamento se aprovechó este recurso realizándose una primera fase en forma mecánica y el ajuste de cada una de las cárcavas, al momento de la construcción de las estructuras de retención, en forma manual.

Las estructuras de retención de sedimentos y para el logro de las pendientes de compensación consideraban un gran número de diques en bolsacretos, estos se redujeron en forma significativa al reemplazarlos por trinchos en guadua inicialmente y luego por trinchos hechos en orillos; el manto de retención de los trinchos considerado inicialmente como malezas de la zona, debió ser cambiado por otros materiales como polietileno, costales de fibra y geotextil. La metodología planteada en el estudio no consideró el llenado de éstas estructuras, actividad que se replanteó y realizó compactando el material de remoldeo proveniente de las mismas cárcavas. Para el manejo de la escorrentía por el centro de la vaguada (lugar de los trinchos) fue necesario acondicionar vertederos y estructura de disipación por medio la colocación de bolsacretos.

Fue necesaria también adicionar un mecanismo de retención que a la vez sirviera para ayudar a la revegetalización del área: este cometido se logró mediante la implementación de barreras en costales de fique rellenos con tierra vegetal, cal Dolomítica para neutralizar la acidez del suelo, abono orgánico, semillas y estolones de pastos, gramíneas y leguminosas, asegurados con estacas de especies vegetales de fácil prendimiento (quiebrabarrigo, sauce, bambú) así como de otras que venían con el material vegetal. En estas estructuras de retención se incluía la siembra de espe-

cies vegetales protectoras: acacia negra y japonesa, Chachafruto, quiebrabarrigo.

Las barreras vivas cumplieron una múltiple función tanto en el control de la velocidad de escorrentía, para la retención de suelo y facilitaron el desarrollo de otras especies colonizadoras, para ello se utilizaron las especies como: Retamo, Kingrass, Imperial, Janeiro, y Vetiver.

Además de las medidas de tipo vegetal anteriormente descritas, se hicieron varios ensayos para lograr unas coberturas buenas o aceptables con siembra de pastos por el sistema de surcos a nivel cada 20 centímetros, destacándose las especies Braquipará, Maní Forrajero, Janeiro y Estrella.

Manejo del Valle de sedimentación

En la zona más baja de cada una de las tres minicuecas y como producto del arrastre de sedimentos de las cárcavas aferentes se formó una zona caracterizada por bajas pendientes y altos volúmenes de material que se denominó VALLE DE SEDIMENTACION.

Para este sector se definieron los siguientes mecanismos de recuperación:

Construcción de grandes estructuras para la retención del suelo depositado representadas por diques en gaviones y geotextil con estructura de disipación o pozo de impacto, en las cuales se variaría el nivel de acuerdo a las necesidades y requerimientos del problema de arrastre.

Control con fijaciones de nivel en cada una de las corrientes existentes mediante estructuras mixtas de gaviones, concreto, bolsacretos y en algunos casos postes a manera de pilotes.

Para facilitar tanto la retención como la estabilización de los suelos se sembró en forma masiva estacas vivas de quiebrabarrigo, sauce llorón y bambú entre otras.

Para el establecimiento de la cobertura vegetal se siguió un procedimiento similar al realizado para las cárcavas, haciendo un énfasis especial en la siembra de barreras vivas con Kingrass.

Para el mejoramiento de la capacidad de retención de nutrientes y formación de suelo orgánico además de la implementación de siembras de pastos colonizadores y especies rastreras de rápido desarrollo como fácil desprendimiento de hojas para enriquecimiento del suelo, con la colaboración del Municipio de Rionegro donde se realizaban frecuentes movimientos de tierra con gruesas capas de material vegetal en proyectos urbanísticos, logramos depositar y utilizar un volumen considerable de

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño

humus el cual venía cargado de semillas que se esparcieron contribuyendo al mejoramiento de la cobertura vegetal. (ver foto 9)

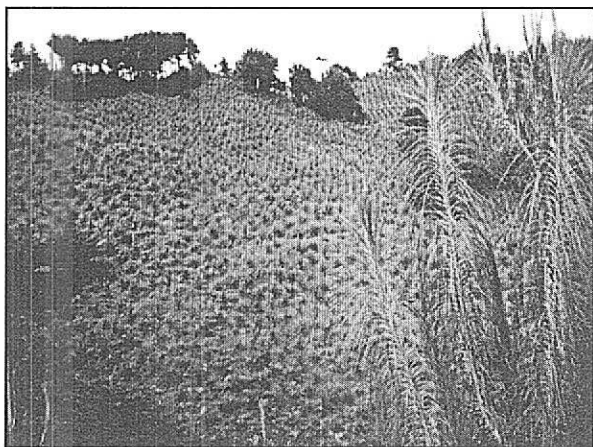


Foto 9 Mejoramiento de la cobertura vegetal, mediante reforestación

Debido a los problemas presentados por invasión de los predios de la Aerocivil y a los daños ocasionados en la vegetación y al frágil suelo en proceso de recuperación, ocasionados por la acción del ganado se hizo necesario implementar no solo cercos sino también vigilancia permanente con casetas y personal contratado.

Logros y resultados obtenidos

Articulación interinstitucional para sumar esfuerzos, recursos y conocimiento para acometer la solución de una problemática ambiental que afectaba los componentes físico, biótico y social de la región del Oriente Antioqueño.

Recuperación de una superficie de terreno estimada en un 90% del área total afectada (estimada en el estudio en unas 55 Hectáreas) y protección del área de influencia del aeropuerto JOSE MARIA CORDOVA.

Protección de la cuenca alta del Rionegro y sus quebradas afluentes, disminuyendo casi en su totalidad el aporte de sedimentos de este foco erosivo que se llegó a estimar en 300 Tn/día según datos del estudio de consultoría. Recuperación de la capacidad hidráulica e hidrológica de las fuentes de agua de la cuenca.

Protección del sistema de embalses que alimenta el principal sistema de generación de energía del país.

Recuperación de parte del ecosistema afectado, ya que se reportan sucesión boscosa, pastos y rastrojos que sirve de hábitat a numerosas especies de aves, insectos, etc.

Mejoramiento de las condiciones de vida a la población local y regional, a través de la generación de empleo, la protección de los recursos naturales y el paisaje, la calidad del agua y la Prevención de Desastres.

12.5 CONTROL DE EROSIÓN EN LA QUEBRADA LA CEJA, MUNICIPIO DE GUATAPE - ANTIOQUIA

Antecedentes

La construcción de los megaproyectos hidroeléctricos Peñol - Guatapé (década del 60), Playas, Jaguas y otros por parte de EE PP de Medellín, realizada a través de firmas contratistas, además de la pavimentación de la vía Peñol- Marinilla - Guatapé por parte del Departamento, demandó la explotación de material de construcción de máxima calidad que se encontró y explotó, de forma mecánica y sin control alguno, a partir de las terrazas y vegas aluviales de la quebrada La Ceja.

Esto ocasionó el deterioro de la microcuenca al desestabilizar el lecho por la profundización del cauce alcanzando en promedio alturas de 12-15 mts y la erosión remontante de las márgenes (taludes ribereños) que han aumentado el ancho del cauce en sectores específicos de hasta 150 mts, desestabilizando inclusive una ladera completa en la que se encuentra un tramo del acueducto del municipio de Guatapé.

En la década del 90, presionados por las condiciones sociales de la región y la caída del turismo, se da una explotación artesanal como medio de sustento de un alto número de personas denominados playeros. Esta situación agravó y continuó el proceso de deterioro inducido sobre la microcuenca de la Quebrada La Ceja.

A partir de 1991 CORNARE asume y lidera desde su competencia ambiental un proceso de control y recuperación del área. Es preciso señalar que el daño ecológico y Paisajístico es tan avanzado a la fecha, que se requiere de un trabajo interdisciplinario e interinstitucional para poder obtener resultados positivos a largo plazo.

Actividades

Elaboración de un Plan de manejo ambiental para la microcuenca, en forma paralela se viene trabajando desde principios de la década del 90 en el manejo de la problemática social y ambiental a través de búsqueda de alternativas de trabajo con la comunidad involucrada en el proceso, así como en la implementación de obras civiles y biológicas de control de erosión.

Diagnóstico

♦ La superficie de interés abarca unas diez (10) has. en los sectores de la Florida y el Roble, con suelos aluviales poco consolidados y muy inestables, la capa orgánica es pequeña y de fácil remoción.

♦ La cuenca presenta características torrenciales, lo que ligado a la alta deforestación (cuchilla del páramo) y las intensas precipitaciones (mayor 4000) contribuye grandemente a acrecentar la inestabilidad de la zona

♦ Por parte de ninguna entidad ni firma constructora se elaboró un plan de recuperación del área afectada.

A partir de la mecánica de los factores que caracterizan el fenómeno torrencial (área de la cuenca, forma de la cuenca, pendiente media de la cuenca, grado de compactidad y otros parámetros morfométricos) es como pueden establecerse las correcciones para cada uno de los fenómenos erosivos.



Foto 10 Presas y disipadores de energía quebrada La Ceja, municipio de Guatapé.

Acciones emprendidas

· La Corporación expidió la resolución No 545 del 12 de Febrero de 1996, prohibiendo la extracción de material de arrastre en las quebradas la Ceja, El Roble y quebrada Arriba.

· En forma conjunta con la administración municipal se iniciaron procesos sociales a través de la cofinanciación de proyectos que le garantizaran el sustento a las familias de los playeros, tales como Adecuación y administración de un vivero municipal, talleres de capacitación a los playeros y sus familias, conformación de una brigada de protección del embalse (vigías ambientales) búsqueda y adecuación de una cantera de material con explotación técnica (vereda Los Troncos), obras de control de erosión contratadas con la Cooperativa de Playeros, logrando la reubicación de éstos y el inicio de la recuperación de la microcuenca.

· A escala macro, se inició la construcción de un sistema de presas, en tierra y grava compactada y sus obras complementarias. (ver foto 10)

· Se debió involucrar el manejo de las quebradas afluentes (La Florida, Cañada Fea y La Laguna) que muestran un alto deterioro, tanto de socavación del cauce, como presencia de procesos erosivos en sus taludes.

· Obras como fijaciones de nivel, espigones para protección de orillas, construcción de diques, implementación de cunetas y drenajes internos (filtros), establecimiento de trinchos así como labores de remoldeo, revegetalización y siembra de especies protectoras lograron mitigar el proceso de socavación, mientras se acometía la solución definitiva.

· Apoyando la iniciativa de la firma INTUR, que realizó los diseños, se articularon esfuerzos de Empresas Públicas de Medellín, Municipio de Guatapé, CORNARE y Obras Públicas Departamentales para llevar adelante una solución definitiva e integral a la problemática de la microcuenca, representada en la construcción de un sistema de presas en tierra y grava compactada, consistente en la conformación de embalses retenedores de

sedimentos, mediante la construcción de presas, cada una de ellas con una estructura aledaña reguladora del nivel del agua, como es un vertedero lateral.

En una primera etapa se construyó la presa #2 y parte de la presa #3; en una segunda etapa se puso en servicio la presa #2, conclusión de la presa #3, obras de protección de vertedero de la presa #2 (ante daños ocasionados por la extracción de materiales en forma ilegal en la parte baja) y obras complementarias en los afluentes.

Estas obras pretenden controlar los principales focos de generación de la problemática tales como el aporte de los sedimentos al embalse (situación que le resta vida útil con su rápida colmatación), la continua profundización del lecho de la quebrada, por su nula recuperación del lecho, y la reducción de la fuerza de las aguas, socavando e inestabilizando las márgenes y estructuras existentes.

· Para complementar la solución a la problemática de la zona, CORNARE, EEPP y el Municipio realizaron programas de capacitación a organizaciones locales comunitarias para empleo alternativo, y actividades de atención al turismo. De igual manera se contrató actividades de protección ambiental con estas organizaciones.

Con la colaboración de EEPP se elaboró un Manual para mantenimiento, revisión y seguimiento de las presas, el cual se encuentra en ajuste.

La inversión total en obras a la fecha (Ene/2002) asciende a \$761'829.000-

Logros Importantes

Estabilización de suelos en la microcuenca y control de la erosión remontante de la quebrada y sus afluentes.

Recuperación de un área aproximada de 10 hectáreas.

Retención de sedimentos en un 80% aproximadamente cuyo destino sería el embalse.

Protección de la infraestructura asentada allí (11 viviendas, vía veredal).

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño



Foto 11 Reforestación en comunidad municipio de El Santuario

Capacitación y fortalecimiento de las organizaciones comunitarias locales.

Generación de empleo directo e indirecto.

Beneficios del proyecto

Con dichas obras se pretende lograr una solución integral a la problemática ambiental y social de la microcuenca que busca:

- Recuperar tierras para uso recreativo y turístico.
- Detener el deterioro Paisajístico.
- Permitir la recuperación y conservación de orillas y nacimientos.
- Retener los sedimentos que irían al Embalse
- Aumentar la vida útil del Embalse Peñol - Guatapé
- Mejorar la calidad de vida de los habitantes mediante la generación de empleo y la incorporación del área al sector productivo.
- Articular los procesos de Planeación, usos del suelo y ordenamiento Ambiental del municipio ya que se declaró el área como de manejo especial en el Esquema de Ordenamiento Territorial vigente.
- Articulación de la Gestión Ambiental Regional con la gestión ambiental municipal.
- Disminuir las condiciones de Riesgo para los habitantes del área de influencia.

Participación comunitaria en control de erosión - metodología priser

Presentación

Soportado en los mecanismos de participación ciudadana establecidos en la Constitución Nacional y los principios ambientales acogidos por la Ley 99 de 1993, la Corporación Autónoma Regional Rionegro - Nare «CORNARE» creó e impulsó el PROGRAMA DE INTERCAMBIO DE SERVICIOS «PRISER» como un instrumento válido para canalizar los recursos económicos y técnicos dirigidos al manejo ambiental de los recursos naturales; de vincular las organizaciones al manejo y

protección de estos recursos naturales y el medio ambiente; fortalecer la capacidad de gestión de las comunidades involucradas en el programa y posibilitar a las comunidades la posibilidad de satisfacer una serie de necesidades básicas en materia de infraestructura de servicios no cubiertos por el estado.

El PRISER es un instrumento de trabajo a través del cual una comunidad que ha detectado un problema de manejo de los recursos naturales, mediante un procesos de educación y acompañamiento de los funcionarios de CORNARE, formula y ejecuta un proyecto que tienda a dar solución a la misma. El proyecto es costeado en su totalidad por la Corporación, pero la comunidad aporta la mano de obra a través de convites, con el cual los recursos obtenidos por

este concepto son dedicados por la misma comunidad ejecutora a una obra o proyecto comunitario adicional que por ley no es competencia de la CAR (por ejemplo una caseta comunal, una cabina telefónica, el mantenimiento de una vía veredal, etc.).

Sus elementos jurídicos, técnicos y financieros, han sido acogido durante cerca de 15 años por numerosas comunidades del suroriente antioqueño para llevar a cabo, mediante un proceso educativo - gestionado - concertado y participativo, acciones de conservación, protección, recuperación y manejo de los recursos naturales y el medio ambiente en la región.

El PRISER permite implementar proyectos que comprenden acciones de saneamiento básico, reforestación, educación ambiental, cerco y protección de microcuencas, huertos leñeros y envaradera, cercos vivos, parcelas agroforestales, parcelas silvo-pastoriles, piscicultura comunitaria, lombridarios y control de erosión entre otras.

Proceso metodológico

✓ **Diagnóstico Comunitario.** Es la comunidad organizada quien identifica y diagnóstica una problemática asociada a los recursos naturales o al medio ambiente, para lo cual solicita el apoyo y acompañamiento de la Corporación.

✓ **Acercamiento a la Comunidad.** Se da un primer acercamiento entre un Equipo Técnico conformado por profesional de la Corporación y el Equipo Comunitario o representantes de la organización interesada; tiene como objetivo iniciar un proceso de intercambio informativo y educativo entre ambos grupos para dar a conocer la metodología PRISER y tener mayor información de la problemática ambiental que requiere solución.

Para el caso, se realiza un taller de presentación de la Corporación donde se da claridad sobre su Misión, Plan

de Acción, competencias y funciones asignadas por la ley 99 de 1993. Por otro lado, la comunidad precisa sus necesidades ambientales, designa interlocutores y define conjuntamente con la Corporación la viabilidad o no del PRISER en su vereda o centro poblado a través de compromiso escrito por las partes.

√ **Diagnóstico conjunto socioeconómico y ambiental.** Se busca en esta fase determinar la situación actual de la comunidad en los aspectos social, económico, cultural, ambiental y físico con el fin de garantizar que el Proyecto a realizar se ajuste a las necesidades reales de la misma comunidad y a la Misión de la Corporación.

Esto se logra a través de mecanismos como: el dialogo de saberes entre las partes involucradas, de una serie de recorridos de campo (lectura del territorio), de plenarias de trabajo en grupo, encuestas, registro fotográfico y de la revisión y ajuste de la información existente entre otros.

√ **Discusión del Proyecto y Organización para la Ejecución.** Una vez dimensionado el proyecto se convoca a la comunidad para su discusión y aprobación, organizando los grupos de trabajo para la ejecución del mismo, asignando responsabilidades y compromisos. La fase tiene como objetivos presentar y discutir el proyecto, en todas sus variables: obras, materiales, transporte, mano de obra calificada y no calificada (jornales), cronograma y costos; realizar en forma oportuna los ajustes al Proyecto y definir los temas para los eventos de capacitación ambiental, los cuales serán desarrollados con adultos y escolares.

La presentación clara del proyecto, el registro de los ajustes realizados y ejercicio de los compromisos para la ejecución de las obras, el nombramiento de los líderes para grupos de trabajo, la selección de los temas y la realización del cronograma definen las principales actividades de esta fase.

√ **Evaluación Final.** En esta fase se pretende evaluar los logros y dificultades evidenciados en el desarrollo del Proyecto tanto en el área técnica, operativa, educativa y de organización, como en la parte financiera. También se define la manera de invertir en el proyecto comunitario los dineros adquiridos con la ejecución del PRISER, los cuales generalmente ascienden a un 30% o 40% del monto total, que corresponden al valor de la mano de obra que la comunidad aporta, administración e imprevistos; este monto puede ser mayor de acuerdo con la capacidad de gestión que se tenga para adquirir materiales, transporte e insumos.

√ **Asesoría y Asistencia Técnica.** Durante el proceso de ejecución y seguimiento del PRISER, CORNARE siempre estará presente para asesorar, prestar asistencia técnica, hacer la respectiva interventoría técnica, legal y administrativa, por medio de los profesionales competentes en los diversos aspectos físicos, biótico y sociales inherentes al Proyecto.

Logros alcanzados en control de erosión

En el siguiente cuadro se reporta el consolidado de los proyectos PRISER ejecutados en la región hasta el año 2001, se puede concluir que 60% de las actividades cofinanciadas constituyen un componente de control de erosión de forma directa o indirecta en el área donde se ejecuta, esto se ve representado en los ítems: Cercamiento, reforestación, huertos leñeros, parcela agroforestal, parcela silvopastoril, arboles frutales, pozos sépticos, talleres de educación ambiental, Control de Erosión propiamente, revegetalización y cercas vivas. De un total de 417 PRISER reportados se destaca la ejecución de 60.538 metros cuadrados de control de erosión a través de la realización de trinchos, gaviones, cunetas, filtros, remoldeo; la reforestación se estima 2.772 hectáreas.

PRISER	417 Eventos
CERCAMIENTO	332,464 Ml
REFORESTACION	2,772 Has
CONTROL DE EROSION	60,538 M2

Conclusión

Las experiencias presentadas muestran la posibilidad, de realizar desde las instituciones públicas del país, en este caso particular desde una Corporación Autónoma Regional, verdaderos programas de Control de Erosión que, usando tecnologías apropiadas y con un trabajo interinstitucional y comunitario comprometidos, logran no solo recuperar extensas áreas de interés productivo, comercial o turístico sino también propender por el mejoramiento de la calidad de vida de una región, de la preservación del suelo, la infraestructura, los recursos naturales y el medio ambiente en pos de un verdadero desarrollo sostenible.

12.5 EXPERIENCIAS EXITOSAS DESDE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

El suelo es también vida ya que provee de nutrientes a las plantas y por el universo existente en él, de

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño

microorganismos. El abuso de elementos inorgánicos ha dejado terrenos inertes, estériles que gracias a las acciones de comunidades conscientes y el acompañamiento de instituciones como CORNARE, El SENA, UCO, COREDI, CORPOICA, entre otras se ha logrado afianzar en Organizaciones, grupos asociativos y comunidad campesina las buenas prácticas agropecuarias.

Los suelos han sido beneficiados en la implementación de los convenios de Producción Más Limpia toda vez que con el manejo racional de fertilizantes y agroquímicos se han recuperado suelos improductivos por la sobrecarga de estos insumos agronómicos. De igual forma con la implementación del Manejo Integral de Residuos Sólidos, se han recuperado zonas y se ha aumentado el tiempo de vida útil de los Rellenos Sanitarios, además se han implementado sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales beneficiando todos los Recursos Naturales.

Puede decirse que todos los convenios de Producción Más Limpia aportan bondades al suelo aunque directamente los convenios con los sectores Floricultor, Porcicultor, Avicultor, Fiquero, Lechero e Industrial por tener un contacto directo con el suelo son los que más han permitido su mejoramiento.

Gracias al aumento de la productividad del suelo por las prácticas sin químicos, agricultura orgánica con productos biológicos, sistemas agrosilvopastoriles entre otros se han tenido resultados de incrementos de mercados de los productos con la garantía de ser más limpios y saludables. Adicionalmente el mejoramiento de los procesos productivos y la construcción de sistemas eficientes de tratamiento de aguas residuales también han contribuido a que los suelos no sean receptores de aguas contaminadas.

En la Granja Los Olivos de Cornare se tiene un grupo de mujeres desarrollando prácticas culturales y labranzas mínimas, sin uso de agroquímicos, lo cual permite recuperar el suelo aumentando la productividad, ejercicio que se viene mostrando ante el país y el mundo como exitoso y de apropiación de las comunidades.

La asociación Colombiana de Porcicultores viene adelantando la implementación de sistemas de biogás y medición de consumos de agua en granjas adheridas al convenio y que vienen implementando el Plan de Manejo y realizando correctamente la Fertilización. Ésto es muy bondadoso ya que se está accediendo con el biogás a una fuente alterna de energía y con el control de agua se dará cumplimiento al uso eficiente y ahorro del agua, siendo una muestra del cumplimiento de los compromisos pactados en el convenio.

El hecho de oficializar alianzas ha permitido hacer de los convenios de Producción Más Limpia el mecanismo más expedito para acercar los sectores productivos con

las instituciones del estado y en la concientización del manejo a los Recursos Naturales y del Medio Ambiente. En los planes de ordenamiento territorial que adelanta CORNARE, se requiere del apoyo logístico y operativo para los programas de aptitud de usos del suelo, la caracterización de áreas de manejo especial, áreas restringidas y áreas con potencial agropecuario y forestal.

Para alcanzar la agricultura sostenible, es importante señalar que esto es responsabilidad de todos los participantes como investigadores, Secretarías de Agricultura, Instituciones locales y regionales, ONG, etc.

Respecto al enfoque de la sostenibilidad sobre el recurso suelo a partir de los convenios de Producción Más Limpia se deben tener en cuenta el agua con relación a su suministro, uso y calidad (salinidad y contaminación); el aire donde se busca evitar la contaminación y volatilización de sustancias contaminantes existentes; el suelo con relación a su fertilidad natural y protección y el uso de recursos renovables, es decir, disminuir el uso de fuentes externas de energía como los fertilizantes y plaguicidas.

Por otro lado, el uso potencial del suelo y las prácticas de cultivo deben fundamentarse desde lo regional, comenzando por la utilización de variedades que se adapten a la oferta ambiental de la región, la diversificación de cultivos, tomando la agroforestería como base, principalmente en las regiones de mayor fragilidad por condiciones de topografía y alta pluviosidad y de prácticas culturales adecuadas.

Las condiciones modernas de producción, el acelerado crecimiento de la población y la vulnerabilidad de ecosistemas y comunidades, hacen que, tanto el hombre como el ambiente, se encuentren cada día más expuestos al grave deterioro, por dicha razón Cornare ha venido desarrollando el concepto de la gestión ambiental del recurso suelo, como una propuesta para administrar, proteger, conservar, aprovechar y recuperar adecuadamente dicho recurso, sin olvidar la integralidad que caracteriza al medio ambiente y la articulación del suelo con los demás recursos.

A continuación se presentan los Lineamientos y acciones estratégicas para una política de gestión ambiental del recurso suelo:

Lineamientos, acciones estratégicas e instrumentos para una política de gestión ambiental del recurso suelo

13.1. LINEAMIENTOS PARA UNA PÓLITICA DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO:

13.1.1 Construcción de la línea base del recurso suelo

Aunque es cierto, que en nuestra región existe gran variedad y valiosa información sobre este recurso, también es cierto que ha sido poco aprovechada en los diferentes procesos que implican, ya sea el aprovechamiento, la conservación o la planificación de dicho recurso, por esta razón es fundamental el lineamiento propuesto, el cual no solo consiste en la adquisición de numerosos datos, sino también en el análisis y procesamiento de la información existente para que se convierta en una herramienta útil en la gestión ambiental.

- Construcción de Indicadores Ambientales

Para desarrollar este lineamiento se deben abordar los siguientes aspectos:

Debido a que los suelos presentan características tan variables en función de los diferentes procesos de formación, construir indicadores ambientales con parámetros combinados es una tarea compleja. No tiene mucho sentido hacer una comparación entre dos suelos originados de diferente forma, puesto que, los niveles que en uno de ellos se consideran contaminantes, en otro pueden hacer parte de la composición natural.

Por esta razón, los indicadores en el componente suelo son más significativos y susceptibles de análisis, cuando se toman los parámetros aislados, con ellos se construye una línea base o estado inicial de las condiciones del suelo y a partir de allí, se hacen análisis periódicos para observar su comportamiento a medida que pasa el tiempo y a medida que se implementan los diferentes proyectos obras o actividades. En el anexo Indicadores Ambientales para determinar la línea base del recurso suelo, se han recopilado los indicadores de mayor utilidad para la gestión ambiental del recurso.

· Evaluación de Impactos Ambientales:

Consiste en el desarrollo de una evaluación ambiental estratégica en donde se identifiquen, cuantifiquen y cualifiquen los efectos significativos sinérgicos y acumulativos de todas las actividades que generan impactos sobre el recurso suelo, impactos de gran significancia, que no se han identificado en las evaluaciones de impacto ambiental presentadas ante Cornare, debido a que solo se hacen análisis de proyectos individuales sin integralidad.

· Identificación del grado de sustentabilidad del recurso:

Debido a que la huella ecológica de un país es medida mediante la cantidad de suelo productivo, se hace importante el establecimiento de indicadores que permitan apreciar para un suelo determinado su grado de deterioro y recuperación con respecto a condiciones ambientales óptimas, basadas en soportes técnicos sobre la capacidad de carga que ellos poseen.

13.1.2. Monitoreo del recurso suelo:

De nada serviría la obtención de una línea base del recurso, si no se establece un mecanismo de seguimiento y monitoreo, que permita medir la dinámica de dicho recurso, o su comportamiento ante un evento de gran importancia y magnitud, ya sea un fenómeno natural o antrópico, es decir consiste en evaluar determinadas variables del medio, a través de indicadores específicos, por medio de los cuales se pueden identificar los cambios que se están generando. El monitoreo facilita datos que permiten conocer y controlar las posibles afectaciones.

Los pasos a seguir para la realización del monitoreo son los siguientes:

· Definir las especificaciones del programa de monitoreo:

Las especificaciones del programa de monitoreo se refieren esencialmente a la definición de los parámetros a medir, la frecuencia recomendada para efectuar las me-

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño

diciones, los sitios o los momentos en los cuales se deben realizar éstas, los métodos sugeridos para obtener los datos y la información, así como la normatividad que puede emplearse para su evaluación.

- Definir rutinas de seguimiento, evaluación, y ajuste, con el fin de corregir las causas de las afectaciones detectadas.

13.1.3. Ordenamiento ambiental para el Aprovechamiento, manejo y conservación del recurso suelo:

A partir del conocimiento de la línea base del recurso, debe elaborarse una propuesta de ordenamiento orientado a la zonificación de éste con base en sus potencialidades que permita definir los respectivos instrumentos de manejo, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Elaboración de una propuesta para la conformación de distritos de conservación de suelos.
- Conformación de distritos agrarios.
- Delimitación de zonas de protección
- Zonificación por potencialidades
- Zonificación por demanda del recurso.
- Zonificación de áreas de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
- Zonificación de áreas degradadas.

13.2 ACCIONES ESTRATÉGICAS PARA UNA GESTIÓN AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO.

- Elaboración de planes de manejo integral para cada una de las zonas determinadas en el Ordenamiento Ambiental y elaboración de guías ambientales para los diferentes tipos de aprovechamiento del recurso: aprovechamiento minero, agrícola, industrial o de infraestructura.
- Implementación de mecanismos de educación y prevención y recuperación del recurso suelo: Cornare debe liderar procesos de prevención de afectaciones al recurso suelo y emprender Convenios de producción más limpia con los sectores industriales que mas se relacionan con este componente del ambiente, tales como el sector minero y el sector agrícola.
- Realización de estudios experimentales de recuperación de suelos a partir de los saprolitos, acompañados de ensayos in situ sobre la infiltración y circulación de las

aguas (Eafit – Cornare 2000. Cenizas Volcánicas), esto podría hacerse en compañía de los sectores productivos.

- Fomento e investigación sobre tecnologías de punta para el manejo de impactos ambientales ocasionados sobre el recurso suelo, tales como: procesos contaminantes por sólidos, aceites, lubricantes, agroquímicos e hidrocarburos, deterioro del suelo, pérdida de suelos, disminución del valor del suelo, pérdida o deterioro de propiedades físico-químicas como la compactación, salinización, acidificación, inestabilidad de laderas, taludes y vertientes, erosión hídrica y eólica. Inestabilidad de laderas, taludes y vertientes, decremento de la producción agrícola.

- Reglamentación del recurso suelo: Con los resultados obtenidos al implementar los lineamientos propuestos, deberá lograrse el establecimiento de documentos técnicos que sirvan de sustento y apoyo para la construcción de la normatividad regional y nacional, teniendo en cuenta, no solo la topografía y pendientes, sino también la calidad y potencialidad de los suelos.

- Establecer normas que garanticen una gestión sostenible del recurso suelo, con base en lo siguiente:

- Reglamentación de las zonas de cultivos temporales y permanentes.
- Reglamentación de la densidad de viviendas y demás usos del suelo en área rural.
- Determinar límite de explotación ganadera sostenible.
- Determinar límites para la explotación del recurso suelo en todos sus campos, minero, agrario etc.

13.3 INSTRUMENTOS PARA UNA POLÍTICA DE GESTIÓN DEL RECURSO SUELO.

13.3.1 Gestión interinstitucional:

- Ejecución de Convenios de Cooperación entre universidades públicas y privadas y demás centros de educación.
- Gestión interinstitucional con entidades públicas y privadas.
- Convenios de producción limpia con los diferentes sectores productivos.
- Convenios marcos de control de erosión y recuperación de áreas degradadas suscritas con las empresas asentadas en la región, con énfasis en cuencas aportantes a embalses (ISAGEN, EEPP de Medellín).

13.3.2 Creación de un centro Especializado de Calidad del Suelo:

· Una propuesta muy interesante para la gestión sostenible del recurso suelo es el montaje y operación de un centro especializado de calidad del suelo para el oriente Antioqueño, en el cual se emprendan acciones que sirvan de referencia y monitoreo para apoyar y promover en la Región del Oriente Antioqueño un uso eficiente y sostenible del suelo, y de prácticas de manejo de los cultivos acordes con las recomendaciones de ordenamiento territorial y uso potencial del suelo, para proteger y mejorar la calidad fisicoquímica y biológica del recurso.

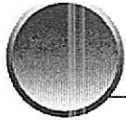
Algunas funciones del centro serían

- Servir de apoyo a los Convenios de Producción Más Limpia suscritos en la región del Oriente Antioqueño, sobre la investigación de temas de calidad de suelos y evaluación del efecto de nuevas alternativas.
- Capacitar y actualizar a funcionarios de los sectores involucrados en el tema de la sostenibilidad en la Región del Oriente Antioqueño, sobre la importancia de los componentes fisicoquímicos, mecánicos y biológicos de los suelos y su interacción con las plantas y el hombre.
- Consolidar un grupo de investigación interdisciplinario en el diagnóstico y evaluación de la calidad del suelo.
- Prestar el servicio de diagnóstico de parámetros mecánicos, fisicoquímicos y biológicos a las entidades públicas y privadas que lo requieran.

Los directos beneficiarios del proyecto serán los pequeños agricultores junto con los consumidores urbanos y rurales, a través de una producción agrícola más eficiente y competitiva. De otra parte, los programas agropecuarios municipales podrán contar con un centro de apoyo y referencia en los sistemas de producción sostenible. Por último, desde lo regional, se apoyará los convenios de producción más limpia de algunos sectores como porcicultores, floricultores, lechero, avicultores, figueros.

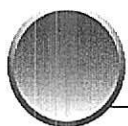
48 El recurso suelo Viviente y dinámico:

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño



Bibliografía.

- FAL Ltda., 1994. Levantamiento del mapa digital de uso y cobertura actual de la tierra, escala 1:10.000, de la cuenca alta del Río Negro y de la zona de bosques húmedos, tropicales y premontanos. Informe realizado para CORNARE, 217p.
- FAL Ltda., 1995. Uso potencial del suelo en la cuenca alta del Río Negro Nare. Informe realizado para CORNARE, 279p.
- Universidad EAFIT, 2000. Mapificación, cuantificación y caracterización de las cenizas volcánicas en la cuenca del Río Negro. Informe realizado para CORNARE, 153p.
- Universidad EAFIT, 2001. Identificación de zonas potencialmente explotables para los recursos minerales y pétreos en la subregión Valles de San Nicolás y lineamientos ambientales para su aprovechamiento. Informe realizado para Cornare.
- FEDECAFETEROS 1992. Zonificación y Uso Potencial de los Suelos de la Zona Cafetera del Oriente de Antioquia. Estudio realizado para Cornare.
- SALAMANCA SANABRIA.RAFAEL., 1984. Suelos y Fertilizantes. Editorial USTA - Universidad Santo Tomás,345p.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC - 1991. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. Bogotá 211p.
- EUSSE SIERRA JOSE A., Gestión Ambiental del Recurso Suelo en CORNARE - Ponencia en el 1er Seminario Nacional del Suelo - Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín 2001.
- MARQUEZ GABRIEL., Propiedades ingenieriles de los suelos. Universidad Nacional Sede Medellín, 1982 - 243 p.
- Universidad de Antioquia, Revista Facultad de Ingeniería pags 9 - 24, 1995.
- FRANCO H. OBANDO, Impactos de la erosión hídrica sobre la calidad de los suelos tropicales. Seminario Nacional de Suelos, EIA, Medellín 2001.



ANEXO 1.

ECUACION UNIVERSAL DE PÉRDIDA DE SUELO

Descripción. La ecuación universal para predecir las pérdidas de suelo denominada USLE (Universal Soil Loss Equation), fue desarrollada por Wischmeier (1959, 1960), y posteriormente Smith y Wischmeier (1962) y Wischmeier Smith (1965) la reafirmación como ecuación, a partir de las variables del análisis de 10.000 parcelas de escorrentía tipo unitario, distribuidas en la zona este de los Estados Unidos.

Inicialmente la ecuación fue desarrollada con usos localizados en terrenos de pendiente uniforme, pero a partir del año 70, fue aplicada a tierras de alta pendiente, bosques, áreas urbanas, recreacionales, áreas aledañas a vías de comunicación, zonas de minería, la sedimentación en cauces, embalses, etc., lo que ha generado controversias en relación con el objetivo primario de la ecuación. Por esta razón, se han presentado revisiones y modificaciones de los componentes de los factores que componen la ecuación, especialmente erosividad, longitud de la pendiente, grado de la pendiente, cobertura y prácticas de manejo, dando origen a las versiones de MUSLE y RUSLE, ecuación modificada y revisada respectivamente.

FORMULA

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Donde:

A: Degradación específica o pérdida media anual de suelo en ton/ha, es de carácter puntual y predice las pérdidas de suelo en la parcela analizada.

R: Factor de lluvia

K: Factor de erosionalidad del suelo

L: Factor de longitud del terreno

S: Factor del grado de la pendiente

C: Factor de ordenación de cultivos

P: Factor del control de la erosión mediante prácticas de cultivo

La estimación de cada uno de los factores que intervienen en la ecuación universal de pérdidas de suelo se realiza de la forma siguiente:

FACTOR DE LLUVIA R.

Se fundamenta en la energía cinética de la lluvia, expresado en unidades de trabajo por unidad de área según la intensidad y tiempo de duración de la lluvia ($\text{kgm/m}^2 \cdot \text{mm/hora}$).

Wischmeier (1959, 1960) y Wischmeier y Smith (1965), observaron que el factor R dependía directamente de la energía cinética y de la intensidad crítica de los aguaceros, relación que expresaron, como:

$$R = \frac{E * I_c}{100}$$

Donde:

R= Factor erosividad ($\text{kgm/m}^2 \cdot \text{mm/hora}$)

E= Energía cinética (kgm/m^2), que se obtiene de la ecuación:

$$E = 1.214 + 0.887 \lg b$$

Donde:

b: Intensidad de la lluvia expresada en mm/hora, como la intensidad (I en mm) se determina en intervalos de 10 minutos se tiene que:

b: 61

Ic= Intensidad crítica (mm/hora), se obtiene de:

$$I_c = I_{30} * 2$$

Donde

I_{30} = Intensidad media máxima para intervalos de 30 minutos

Wischmeier y Smith (1978), consideraron que al tomar la centésima parte del factor R, se trabaja con cifras más pequeñas y que esta reducción se encuentra asociada con las pérdidas de suelo de sus parcelas experimentales.

La calificación del factor R, se realiza a partir de los elementos del siguiente cuadro.

Calificación del Factor R.

EROSIVIDAD Kg/M ²	CALIFICACION
>3.000	Muy Alto
3.000 - 1.500	Alta
1.500-750	Media
750-250	Baja
<250	Muy baja

FACTOR DE EROSIONALIDAD DEL SUELO K

Expresa la influencia de los propiedades químicas y físicas del suelo en la erosión, a través de la infiltración, permeabilidad, capacidad de retención de agua, resistencia, a la dispersión, aplastamiento, abrasión y a las fuerzas de transporte.

Según Wischmeier y Smith (1965), el factor K se puede determinar en forma directa, a partir de la información obtenida de parcelas de escorrentía de tipo unitario, donde el producto de los factores S, L, C Y P, es igual a 1, que llevado a la ecuación (USLE), establece que:

$$\text{Donde: } K = \frac{A}{R}$$

K= Factor erodabilidad (t/ha)

A= Cantidad de suelo de la parcela de escorrentía de tipo unitario (t/ha)

R= Factor de erosividad (kgm/m² * mm/hora)

Del análisis de las variables que determinaron las pérdidas de suelo en las parcelas de escorrentía de tipo unitario, Wischmeier y Smith (1978), obtuvieron que el valor del factor K, se puede en forma indirecta, así:

Método de Paulet Iturri:

El estudio de Paulet (1968) una ecuación de predicción del factor K, que resulto del análisis de las propiedades de ocho suelos a una profundidad de muestreo de 10 cm. Mediante el análisis de correlación múltiple obtuvo significancia al 90% de probabilidad y un R=0.91, comparado con el nomograma, especialmente cuanto utilizó como variables independientes: Porcentaje de arena, porcentaje de limo y densidad aparente. La ecuación desarrollada es la siguiente:

$$K = a - bA - cL + dDa$$

Donde:

K: Factor de erodabilidad (t/ha)

A: Arena (%)

L: Limo (%)

Da: Densidad aparentemente (g/cm³)

a: 0.10356 b:0.00378082 c:0.00232882 d:0.323545

Para encontrar su equivalencia al sistema inglés, se divide por el factor 1.2967

FACTOR DEL GRADO DE PENDIENTE S Y FACTOR DE LA LONGITUD DEL TERRENO L

En el proceso de la erosión pluvial, el factor topográfico está compuesto por la interacción del grado de la pendientes (factor S) y la longitud del terreno analizado (factor L).

El factor SL, en forma cuantitativa evalúa la pérdida de suelo de un terreno cualquiera con una parcela unitaria que tiene una longitud de 22.13 metros y 9% de pendiente.

El efecto de cada uno en el proceso se ha evaluado en forma independiente y su aplicación en la USLE, se expresa como:

$$S = \frac{0.0138 + 0.00096_s + 0.00138}{0.21198}$$

$$L = \sqrt{1/22.13}$$

Donde:

S= Factor grado de pendiente del terreno

s= Pendiente del terreno en (%). Cuando s=9%, S=1

L= Factor longitud de la pendiente del terreno

L= Longitud del terreno (m). Cuando l= 22.13m., L=1

Para efectos de comparación, como factores independientes, permiten visualizar su potencial en el proceso erosivo por lluvias, potenciales que justificarían la implementación de las prácticas de conservación de suelos tendientes como mínimo a mantener dicha pérdida en el tiempo y lugar.

Estos factores son los que definen la aplicación práctica para lo cual fue desarrollada la ecuación universal de pérdida de suelo- USLE-, como es la planificación de las labores de cultivo con fines conservacionistas, lo que significa que la USLE, sólo es aplicable a parcelas con características fisiográficas aproximadamente uniformes, es decir, para cada una de las parcelas que componen la unidad agrícola.

Según McCool et al (1991) en la revisión de la ecuación inicial de erosión por lluvia, denominada RUSLE, se aumenta la influencia de la longitud del terreno, ya que ella es fundamental para iniciar la formación de surcos, lo que incrementa las pérdidas de suelo en zonas de ladera.

Para el cálculo de estos factores se plantean las siguientes expresiones:

$$L = (l/22.13)^m$$

$$\text{Siendo: } \frac{B}{I} + B$$

Donde:

I: Proyección horizontal de la longitud de la ladera (m)

B: Cociente entre la erosión en surcos y la erosión entre surcos de cada parcela, y se obtiene de:

$$B = \frac{\text{Sen}\theta/0.00896}{3 * (\text{Sen}\theta)^{0.8} + 0.56}$$

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño

Siendo \hat{E} el ángulo de la pendiente
El factor S, es evaluado mediante

$$s = 10.8 * \text{sen}\hat{E} + 0.03, \quad \text{si } s < 9\%$$

$$s = 16.8 * \text{sen}\hat{E} - 0.50, \quad \text{si } s > 9\%$$

Se considera que los surcos en general a partir de los 5m de la línea de desplazamiento de la escorrentía. González (1991), para declives muy cortos o donde se prevé que no se van a formar surcos, se usa la siguiente ecuación:

$$S = 3 * (\text{sen}\hat{E})^{0.8} + 0.56$$

FACTOR DE COBERTURA C

Evalúa el potencial de erosión de un terreno que tiene cobertura vegetal, comparada con la pérdida de suelo de la parcela de escorrentía de tipo unitario que está desnuda, en este caso $C = 1$.

Es una concepción muy amplia, porque ésta relaciona la pérdida de suelo de un terreno que presenta una cobertura uniforme o compleja, con las pérdidas de suelo del mismo terreno cuando está desnudo.

EVALUACION CUANTITATIVA.

La capacidad de protección de una cobertura se cuantifica mediante parcelas de escorrentía, lisímetros

monolíticos de tipo circular o rectangular, cajas de salpicamiento y barras metálicas o estructuras sólidas que permitan medir la lámina de suelo perdido por unidad de área, láminas que en función de la densidad aparente del terreno, se convierten en cantidad de suelo perdido (Wischmeier, 1959, Gómez, 1985 y Gómez, 1996).

EVALUACION CUALITATIVA.

En el método más generalizado, donde la capacidad de protección de una cobertura se evalúa por la extrapolación de resultados de investigación propia de la zona o foránea, siendo esta última la más generalizada. Para ello se utiliza tablas o figuras que presentan los resultados de estas investigaciones (véase Cuadro 12).

En general la determinación del Factor C, es el resultado de la acción en forma individual o interactiva de los componentes de los siguientes subfactores:

- √ La cobertura de la parte aérea o de las copas de la vegetación, en función del porcentaje de área cubierta
- √ Altura media del dosel a la superficie del suelo
- √ La cobertura sobre el suelo procedente de vegetación herbácea o de residuos vegetales "mulch", etc, y
- √ El manejo o prácticas de los cultivos, con la posible incorporación o no de los residuos vegetales.

El factor de cobertura vegetal y técnicas de cultivo (factor C) en Africa Occidental

PRACTICA	FACTOR C , PROMEDIO ANUAL	
Suelo desnudo	1	
Bosque o matorral denso, cultivos con capa gruesa de materia Orgánica	0.001	
Sabana, pradera en buenas condiciones	0.01	
Sabanas o praderas sobrepastoreadas	0.1	
Cubierta de cultivo de desarrollo lento o siembra tardía, primer año	0.3 a 0.8	
Cubierta de cultivo de desarrollo rápido o siembra tardía, primer año	0.01 a 0.1	
Cubierta de cultivo de desarrollo lento o siembra tardía, segundo año	0.01 a 0.1	
Maíz, sorgo, mijo (en función de producción)	0.4 a 0.9	
Arroz (fertilización intensiva)	0.1 a 0.2	
Algodón, tabaco (segundo ciclo)	0.5 a 0.7	
Cacahuete (en función de producción y de la fecha de plantación)	0.4 a 0.8	
Palma, café, cacao con cubierta de cultivo	0.1 a 0.3	
Piña en contorno (en función de la pendiente)	Residuo quemado	0.1 a 0.5
	Residuo enterrado	0.2 a 0.5
	Residuo superficial	0.2 a 0.8
Piña y siembra de relleno (pendiente del 7%)	0.1	

Para el cálculo de este factor, Dissmeyer y Foster (1991), proponen un método en el cual se tiene que la capacidad de protección total de la cobertura resulta del producto de los subfactores que la caracterizan; mediante una fórmula, en la cual la caracterización de cada subfactor se realiza en forma individual, permitiendo determinar las diferentes situaciones del Uso del Suelo (Gómez 1999).

FACTOR DE LAS PRACTICAS DE MANEJO: P

Caracteriza el potencial de erosión de un terreno que tiene prácticas de manejo de conservacionistas, com-

parado con la pérdida de suelo de la parcela de escorrentía de tipo unitario que fue labrada en el sentido de la pendiente del terreno, por esta situación $P=1$.

Este factor en la USLE, representa la influencia que tienen las prácticas de conservación de suelos en la tasa de erosión de la parcela analizada, cuando se realizan labores culturales o se dispone el cultivo en curvas de nivel, fajas o terrazas o en contorno. Weltz et al(1991), hace un ajuste a los valores iniciales del factor P, que aparecen en el Cuadro 13 y el Cuadro 14, los cuales permiten determinar los valores del factor P, para diferentes situaciones.

Valores del factor P para cultivos en contorno o con desnivel en función de la pendiente de la ladera.

PENDIENTE DEL TERRENO %	DESNIVEL DEL SURCO CON RELACIÓN A LA CURVA DE NIVEL			
	25%	50%	100%	150%
0—2	0.78	0.81	0.84	0.86
3—7	0.82	0.87	0.87	0.94
8—12	0.88	0.91	0.91	0.96
13—18	0.94	0.96	0.96	0.98
>19	1.00	1.00	1.00	1.00

Valores del factor P

PRACTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS	FACTOR P
En curvas de nivel (1-16 % pendiente)	0.60
En curvas de nivel (17-25% pendiente)	0.85
Terrazas (drenajes encespedados)	0.14
Terrazas (drenajes subterráneos)	0.05
Hoyos a nivel o terrazas individuales	0.13
Sin prácticas de conservación	1.00

L= Factor de longitud del terreno, barrida por el viento dominante. Se calcula mediante un diagrama de Way (1978).

V= Factor de vegetación, que toma el valor $V=1$, para actuaciones, donde la vegetación va a ser eliminada.

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño

ANEXO 2.

INDICADORES AMBIENTALES PARA DETERMINAR LA LÍNEA BASE DEL AMBIENTE.

Características físicas

Profundidad

Porosidad: $n = \text{volumen de poros} / \text{volumen total en porcentaje}$.

Índice de huecos (e) = $\text{volumen de poros} / \text{volumen sólido}$.

Textura

Estructura

Pedregosidad

Características hídricas.

El agua del suelo determina muchas de sus aptitudes para su aprovechamiento (disponibilidad de agua para las plantas, captaciones) y muchas de sus características de vulnerabilidad ante las actividades humanas (propensión a deslizamientos, contaminación de acuíferos).

La capacidad de campo de un suelo marca un límite entre le agua gravitacional (la que drena por fuerza de gravedad) y el agua capilar (retenida por fuerzas de capilaridad) e indica la máxima cantidad de agua que puede retener el suelo tras dos días de aporte de agua. Suele expresarse como el agua retenida en el suelo con una presión de 0.05 bar.

El agua del suelo disponible para las plantas incluye solamente el agua capilar absorbible, admitiéndose generalmente que es el agua retenida en poros capilares entre 0.0002 y 0.008 mm de diámetro, configurados por partículas entre 0.001 y 0.050 mm de diámetro, es decir, partículas de limo en su gran mayoría.

El límite entre el agua capilar absorbible y no absorbible se sitúa en el llamado punto de marchitez, que indica el punto a partir del cual las plantas comienzan a sufrir deshidratación por la inaccesibilidad del agua para las raíces; generalmente se expresa como el agua retenida en el suelo con una tensión de 15 bars.

Disponibilidad de agua para las plantas

Capacidad de retención

Hidromorfia

Condiciones de drenaje, etc

Densidad aparente

Características químicas.

Reacción del suelo, pH.

Contenido de materia orgánica:

Capacidad de intercambio catiónico y aniónico: Es la

capacidad del complejo arcillo húmico, de adsorber cationes. La suma de todos los cationes adsorbidos en el complejo de cambio, constituye la capacidad total de cambio catiónico. Los cationes básicos de cambio son Ca^{++} , Mg^{++} , Fe^{++} , Na^{++} , entre otros.

La capacidad de intercambio catiónico, T, se expresa en meq/100 g de suelo, valores por debajo de 5 meq revelan suelos con muy pobre capacidad de retención, valores entre 20 y 30 revelan suelos óptimos y bastante frecuentes.

Adsorción - Desorción: La adsorción se refiere a la acumulación de materia en la interfase entre una fase sólida y la fase solución acuosa. Los procesos de adsorción, regulan los niveles y magnitudes de diversos procesos que determinan el destino y transporte de ciertos contaminantes, representan la interacción de contaminantes con la materia orgánica, arcilla, óxidos y CaCo_3 . La adsorción está favorecida por la presencia de óxidos y caliza activa.

Complejación: La complejación se refiere a la capacidad de enlace de metales y adquiere importancia en la medida que disminuye la disponibilidad de metales para los organismos vivos y por lo tanto su inclusión dentro de las cadenas tróficas. Los metales polivalentes son fuertemente complejados con las sustancias húmicas. El contenido y calidad de la materia orgánica está correlacionado con la capacidad de enlace de metales.

Disponibilidad de elementos nutritivos.

Concentración de sales solubles (carbonatos de calcio, oligoelementos, elementos, Tóxicos y metales pesados)

Características biológicas.

La presencia de macroorganismos (análidos, arácnidos, entre otros) de raíces vegetales y de microorganismos, puede ser un indicador importante a evaluar en lo que se refiere al componente suelo.

Estos organismos dan porosidad y por lo tanto aireación al suelo, lo cual influye en el uso que a éste puede darse. Así mismo, ciertos organismos pueden indicar presencia o ausencia de elementos tóxicos (bioindicadores) por sus características de tolerancia a dichos elementos.

La inclusión de indicadores bióticos en un Estudio de Impacto Ambiental es función de la disponibilidad de información sobre las características ecológicas de los organismos y del nivel de profundidad que se requiera sobre el componente suelo.

INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL

Los indicadores a medir sobre el recurso suelo, permitirán estimar los impactos que generan los diferentes pro-

yectos, obras o actividades, cuantificando y dando una idea del orden de magnitud de las alteraciones. Inicialmente debe obtenerse la línea base del recurso y posteriormente hacerse el respectivo monitoreo ambiental.

Impactos que deben ser monitoreados por medio de indicadores:

1.) Componente Suelo.

- Alteración de las propiedades Físicoquímicas del suelo:

Modificación de la estructura o densidad del suelo, composición específica, granulometría, mezcla de horizontes o aireación, permeabilidad, fertilidad.

- **Contaminación:**

Presencia de sustancias extrañas físicas, químicas o biológicas, que estén por encima de su capacidad de recepción o asimilación.

- **Alteración de las características edáficas:**

Disminución de la capacidad agraria (productividad).

- **Inducción de vibraciones:**

Aumento de los niveles de vibración del suelo.

2.) Componente Geomorfología y procesos geofísicos.

El estudio del modelado de la superficie terrestre, tiene gran importancia dentro del establecimiento de una línea base para la ejecución de un proyecto en una zona determinada, tanto en sí mismo, como por lo posible relación entre él y otros elementos o procesos que lo modifican.

El análisis de la geomorfología de una zona consiste en la identificación de las unidades geomorfológicas existentes, su representación cartográfica, y su representatividad.

Los procesos geológicos, son el conjunto de acciones articuladas realizadas por unos agentes de la dinámica terrestre con los que se modifican las características de la superficie. Estos pueden verse afectados positiva o negativamente por las diferentes actividades del proyecto, por ende, deben de ser medidos y analizados con el objeto de encontrar la manera más probable como evolucionará el modelado de la superficie terrestre dentro de la zona del proyecto.

- **Aceleración de los procesos erosivos.**

Generación, incremento o disminución de los factores erosivos, pérdida de suelo.

- **Alteración topográfica.**

Modificación de geofomas, volúmenes del relieve, interrupción en las formas y contornos naturales.

- **Alteración de la estabilidad de laderas.**

Aumento de la inestabilidad, ya sea por variación en la pendiente o por cambios en la tasa de humedad.

- **Alteración de la dinámica de cauces.**

Lo que trae como consecuencia aumentos o disminuciones en los procesos de agradación y degradación.

- **Sismicidad inducida.**

Aumento en el riesgo sísmico inducido por una activación de las redes kársticas o fallas geológicas próximas al proyecto.

3.) Alteración sobre el Paisaje:

Alteración de la calidad del Paisaje.

4.) Alteración sobre la Geología:

- Pérdida del perfil estratigráfico.

5.) Capacidad agraria de los suelos, Conesa Fernández, 1993.

Descripción. La capacidad agraria o capacidad productiva agraria se define como la potencialidad inicial del suelo para producir una cierta cantidad de cosecha por hectárea y por año. Este concepto responde a la productividad intrínseca del suelo.

Aunque la productividad depende, no sólo de la capacidad agraria, sino también de una explotación agrícola y tecnificada, el principio adoptado es, que si las condiciones externas del suelo están presentes, la productividad teórica posible puede expresarse en función de las características intrínsecas del suelo, o sea, de su capacidad agraria.

Fórmula. Se toma como indicador de impacto la productividad (P), cuya magnitud viene expresada de acuerdo con la metodología de la FAO.

$$P = h \cdot d \cdot z \cdot T \cdot C_s \cdot MO \cdot A \cdot M \cdot C$$

Donde los valores de los parámetros considerados, se expresan en una escala porcentual en función de:

$h = f(\text{humedad del suelo en \% de volumen})$

$d = f(\text{capacidad de drenaje del suelo})$

$z = f(\text{profundidad efectiva del suelo})$

$T = f(\text{textura y estructura del suelo})$

$C_s = f(\text{concentración de sales solubles, o contenido medio nutrientes})$

$MO = f(\text{contenido de materia orgánica del suelo})$

$A = f(\text{capacidad de intercambio catiónico})$

$M = f(\text{reserva de minerales alterables})$

$C = f(\text{Contenido de caliza activa y caliza total})$

Las tablas de evaluación en escala 0-100 para cada uno de los parámetros considerados pueden encontrarse en la Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico: Contenido y Metodología (MOPU, 1992).

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño

**Otros indicadores para el
Recurso Suelo**

COMPONENTES DEL AMBIENTE	IMPACTO	INDICADORES
SUELOS	<i>Alteración de las propiedades Físico - químicas del suelo</i>	Porosidad. Características hídrica: profundidad nivel freático (m) humedad (%) y punto de marchitez (%) Contenido de Materia orgánica. (%) PH (adimensional) Capacidad de intercambio catiónico Adsorción - desorción, complejación indicadores bióticos.
	<i>Contaminación del suelo</i>	Contenido en metales (ppm). Contenido en sales (ppm).
	<i>Alteración de las características edáficas</i>	Capacidad agraria de los suelos Capacidad agrologica de los suelos Cambio en la rentabilidad potencial del suelo.
	<i>Inducción a las vibraciones</i>	Velocidad de partícula (m/s ²) Aceleración de partícula (m/s ²) frecuencia de vibración mas probable
GEOMORFOLOGIA Y PROCESOS GEOFISICOS	<i>Aceleración de procesos erosivos</i>	Ecuación universal de pérdida de suelos. Indicador del impacto la pérdida de suelo (kg/ha) Superficie expuesta al arrastre ponderada por su calidad (Ha) Potencial de erosión (ha) Sólidos en suspensión en el agua. (Ss kg/M ³ ó gr/lt) Tasas de sedimentación en embalses (Tn/año)
	<i>Alteración de la sedimentación</i>	Tasas de sedimentación estacional o anual (Tn/año) sólidos en suspensión en el agua (Tn/M ³) Profundidad media de la capa de material incoherente (M). Crecimiento medio del nivel de sedimentos en las zonas de acumulación (M) Grado de interrupción, bloqueo o desvío de la red natural de drenaje.
	<i>Alteración de la topografía</i>	Superficie total modificada ponderada por su interés actual (Ha) volumen del movimiento de tierras (M ³)

Para el cálculo del factor de cobertura ver Anexo 1:

Diagnóstico y caracterización: consiste en el procesamiento de la información existente y la recolección de nuevos datos que sean estrictamente necesarios para la conformación de la línea base del recurso suelo, sin fragmentarlo de los demás recursos naturales, con un enfoque estratégico, significativo, preciso y funcional.

Los resultados del diagnóstico y la caracterización deben arrojar indicadores medibles y verificables (ver propuesta de indicadores tabla), ordenados y almacenados en una base de datos previamente diseñada, además de la respectiva zonificación y cartografía, la cual será elaborada teniendo en cuenta las especificaciones técnicas de mayor utilidad.

La información con la cual se conformará la línea base del recurso suelo es entre otra la siguiente:

- Oferta (Calidad cantidad) y Demanda del recurso.
- Potencialidades de uso del recurso, uso potencial agroecológico, uso potencial agropecuario, aptitud minera, aptitud para el asentamiento humano, aptitud forestal, protección.
- Zonificación geológica y geotécnica
- Uso actual del suelo, agroecológico, agropecuario, minero, construcción y asentamientos humanos, forestal, protección
- Identificación de conflictos y problemática
- Identificación de factores contaminantes.
- Identificación de Impactos sobre el recurso, erosión hídrica, por uso inadecuado del suelo, erosión causada por obras de infraestructura, desprotección de cobertura vegetal, pérdida de materia orgánica, destrucción de la estructura del suelo, zonas inestables, zonas de inestabilidad potencial, zonas de inestabilidad condicionada, degradación productiva (agropecuaria, minera), salinización, contaminación química, compactación de los suelos.

Lista de indicadores para determinar línea base del recurso suelo.

- Porosidad.
- Características hídricas.
- Contenido de Materia orgánica.
- pH.
- Capacidad de intercambio catiónico.
- Adsorción, desorción, complejación.
- Indicadores bióticos.
- Contenido en metales (ppm).
- Contenido en sales (ppm).
- Capacidad agraria de los suelos
- Capacidad agrológica de los suelos
- Cambio en la rentabilidad potencial del suelo.
- Velocidad de partículas.
- Aceleración de partículas.

- Frecuencia de vibración mas probable
- Ecuación universal de pérdida de suelos.
- Indicador del Impacto de Pérdida de Suelo
- Indicador de Impacto la Pérdida de Suelo, para la erosión eólica.
- Superficie expuesta al arrastre ponderada por su calidad.
- Potencial de erosión.
- Sólidos en suspensión en el agua.
- Tasas de sedimentación en embalses.
- Tasas de sedimentación estacional o anual.
- Sólidos en suspensión en el agua.
- Profundidad media de la capa de material incoherente.
- Crecimiento medio del nivel de sedimentos en las zonas de acumulación.
- Grado de interrupción, bloqueo o desvío de la red natural de drenaje.
- Superficie total modificada ponderada por su interés actual.
- Volumen del movimiento de tierras.
- Grado de pendiente.
- Superficie afectada.
- Humedad del suelo.
- Nivel de peligrosidad o riesgo.
- Longitud afectada ponderada por el interés de los diferentes tramos.
- Grado de interrupción, bloqueo o desvío de las corrientes naturales.
- Niveles de peligrosidad o riesgo.
- Estado tensional.
- Número de fallas próximas, activas o no.
- Grado de Karstificación de la zona.

Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño

ANEXO 3.

Triángulo para la clasificación de los suelos según la textura

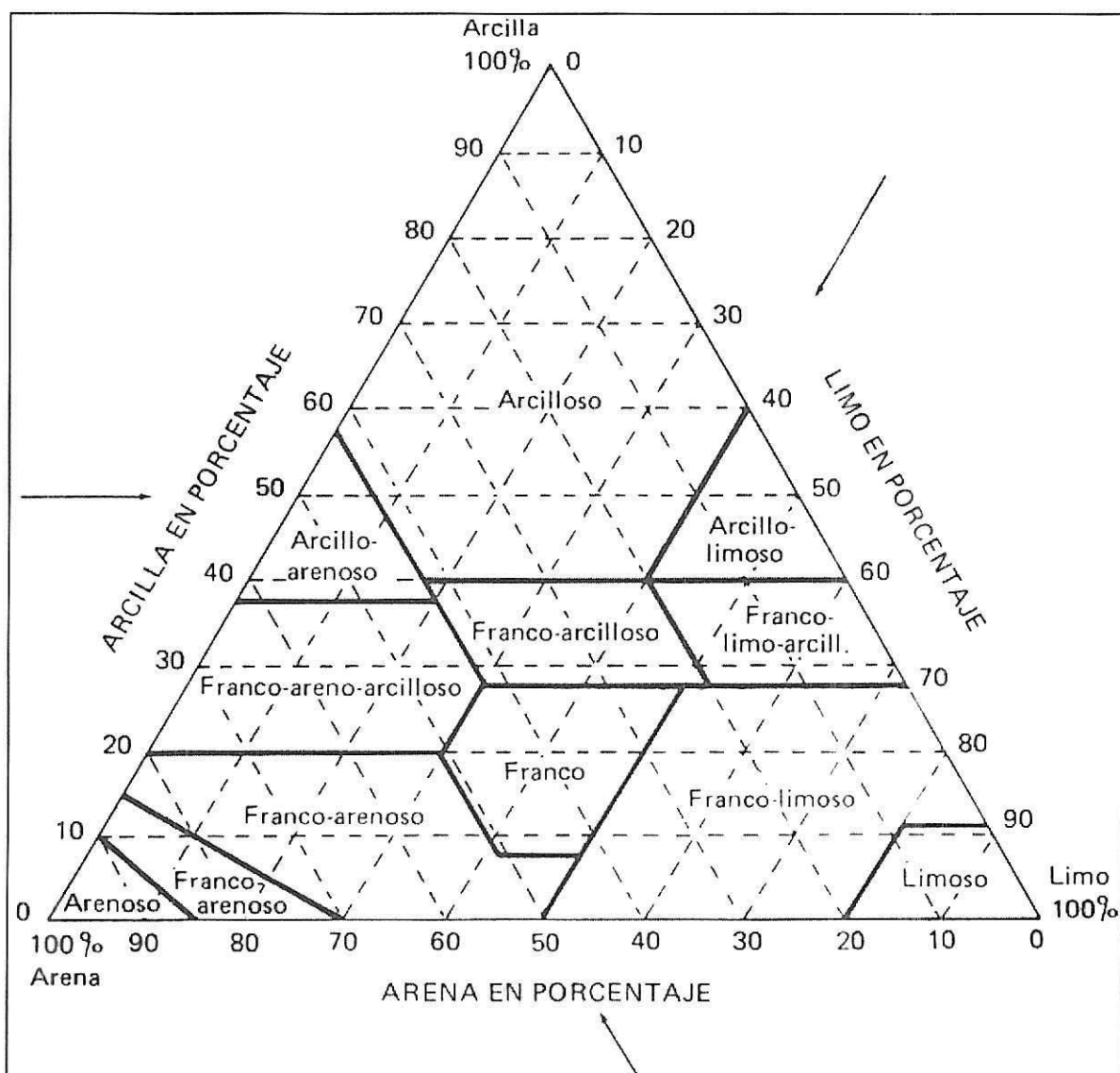
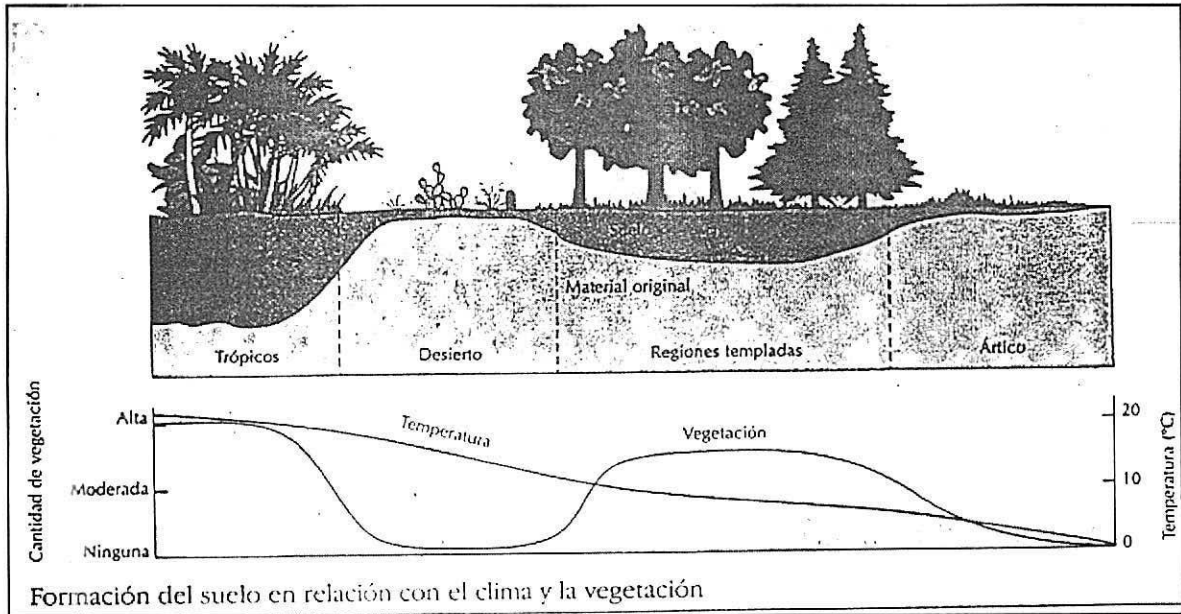


Fig. 2.2 Gráfico para la denominación de los suelos según la textura.

Fuente: Secretaría de Agricultura de los Estados Unidos, Departamento de Estado, Washington, D. C.

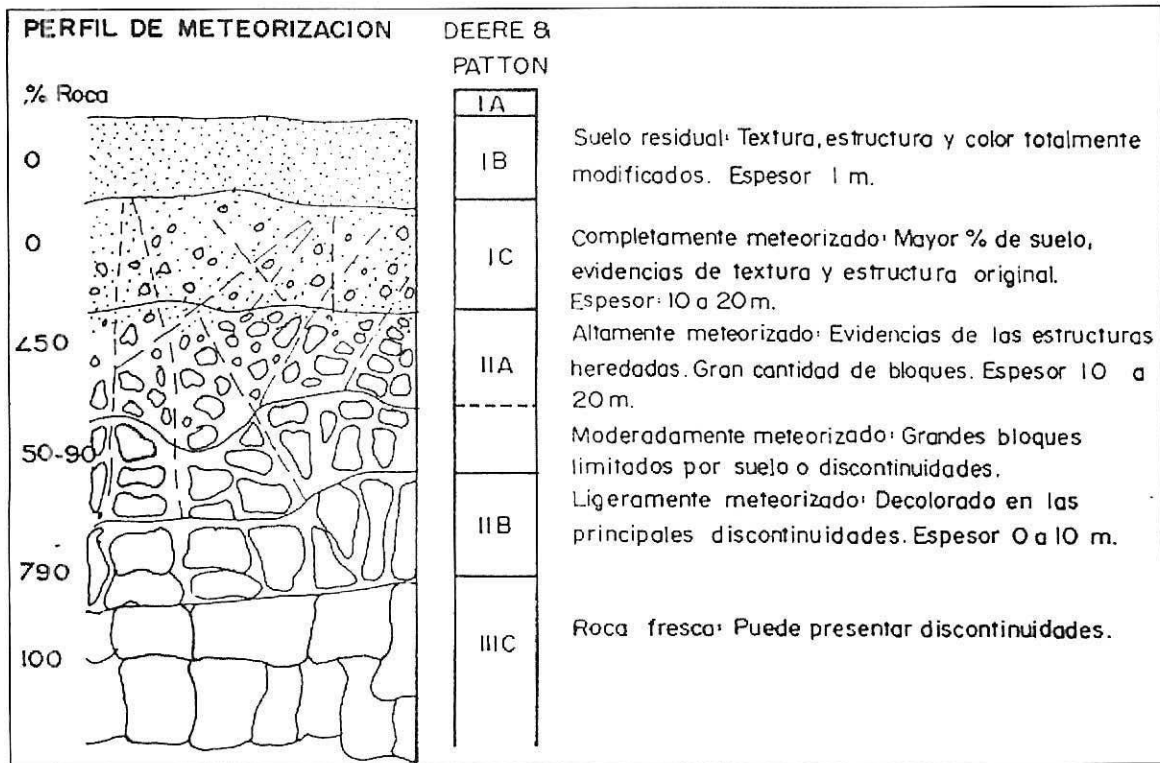
ANEXO 4.

Formación del suelo en relación con el clima y la vegetación



ANEXO 5.

Perfil de meteorización característico del batolito antioqueño



Esencial para las sostenibilidad y el equilibrio de los ecosistemas en el Oriente Antioqueño

Lista de Fotos

Foto 1. Degradación del Suelo por expansión urbana, Municipio de Rionegro	15
Foto 2. Cuenca torrencial, Quebrada Farallones – Municipio de San Rafael	20
Foto 3. Cultivos de hortalizas, Altiplano del Oriente Antioqueño	22
Foto 4. Erosión del suelo tipo reptación, Vereda Concordia – Mpio de El Peñol.....	26
Foto 5. Erosión tipo deslizamientos asociados a precipitación, La Arenosa – San Carlos.....	26
Foto 6. Vista general de las cárcavas del aeropuerto de Rionegro	32
Foto 7. Obras típicas para el control de erosión	33
Foto 8. Trinchos y cunetas para recuperación de suelos.....	33
Foto 9. Mejoramiento de la cobertura vegetal mediante reforestación intensiva	35
Foto 10. Sistema de presas y pozo de Impacto, quebrada La Ceja – Mpio de Guatapé.....	37
Foto 11. Reforestación en comunidad, Mpio de El Santuario	37

Lista de Tablas

Tabla 1. Cobertura del suelo en la cuenca alta del Rionegro	23
Tabla 2. Cobertura y usos del suelo en la región del Oriente Antioqueño.....	24
Tabla 3. Usos generales del suelo por subregiones	24
Tabla 4. Distribución de las cenizas volcánicas en la subregion VSN	30
Tabla 5. Sectores con restrincciones ambientales para el desarrollo minero.....	32

Lista de Mapas

Mapa 1. Localización General región CORNARE.....	10
Mapa 2. Geología de la región CORNARE.....	19
Mapa 3. Usos del suelo región CORNARE.....	25

Lista de Figuras

Figura 1. Sistemas del Altiplano del Oriente Antioqueño.....	20
Figura 2. Clasificación fisiográfica de unidades del suelo	27