

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
SUBDIRECCION DE RECURSOS NATURALES
DIVISION ASISTENCIA TECNICA AGROPECUARIA
SECCION SUELOS

 CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
DOCUMENTACION Y BIBLIOTECA

ESTUDIO SEMIDETALLADO DE EROSION EN LAS
CUENCAS DE LOS RIOS PANCE-MELENDEZ
CALI Y AGUACATAL

Elaborado por : Félix María Suárez V.
Agrólogo Sección Suelos

Informe CVC 85-3f

Cali, febrero de 1.985

COLABORADORES

Freddy Giraldo

Diego González

Jaime Forero

I.A. Jefe Proyecto Pance-Aguacatal

Físico Meteorólogo

Jefe Unidad de Cartografía

REVISION DEL TEXTO

Freddy A. Martínez A.

Javier De Los Ríos

Alfonso García S.

I.A. Jefe División Asistencia Técnica

I.A. Jefe Sección Suelos

Agrólogo Sección Suelos-Jefe Programa
Reconocimiento y Clasificación

FOTOINTERPRETACION

Félix María Suárez

FOTOGRAFIAS

Freddy Giraldo

Félix María Suárez

Eduardo Narváez

DIBUJO Y PLANIMETRIA

Elsa Marina de Gómez

Francineth Trujillo

Dibujante Unidad de Cartografía

Dibujante Sección Suelos

MECANOGRAFIA

Rosalba Ortega

Mecanógrafa Sección Suelos

 CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
DOCUMENTACION Y BIBLIOTECA

C O N T E N I D O

	Página
I. INTRODUCCION	
II. OBJETIVOS	1
A. <u>OBJETIVO GENERAL</u>	1
B. <u>OBJETIVOS ESPECIFICOS</u>	1
III. LOCALIZACION Y EXTENSION	1
IV. RESUMEN DE ANTECEDENTES	3
A. <u>GEOLOGIA</u>	3
B. <u>GEOMORFOLOGIA</u>	7
1. Formas de Vertientes	9
2. Formas de Colinas	10
3. Formas Aluviales	12
C. <u>SUELOS</u>	12
D. <u>CLASIFICACIONES CLIMATICAS</u>	15
V. ^v USO ACTUAL DE LOS SUELOS	15
VI. DESCRIPCION E INTERPRETACION DE LOS FACTORES Y PROCESOS EROSIVOS	17
A. <u>FACTORES GEOLOGICOS Y EDAFICOS</u>	17
B. <u>FACTORES TOPOGRAFICOS</u>	20
C. <u>FACTORES HIDROCLIMATICOS</u>	22

	Página
D. <u>FACTORES ANTROPICOS</u>	27
VII. CONCLUSIONES	29
1. Factores geológicos y edáficos	30
2. Factores Topográficos	31
3. Factores hidroclimáticos	31
VIII. RECOMENDACIONES	33
A. <u>PROCESOS DE EROSION</u>	34
B. <u>GRADOS DE EROSION</u>	34
1. Areas con erosión muy severa (4)	36
2. Areas con erosión severa (3)	39
3. Areas con erosión moderada	44
4. Areas con erosión ligera (1)	46
IX. OBSERVACIONES GENERALES	47
X. BIBLIOGRAFIA	57
APENDICE	
DELIMITACION DE UNIDADES DE EROSION	60
GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS	63

G R A F I C O S

N°		Página
1	LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LA ZONA ESTUDIADA	2
2	MAPA GEOLOGICO	4
3	CORTE TRANSVERSAL Y CORRELACION CLIMATICA DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL A LA ALTURA DE CALI	8

F O T O G R A F I A S

N°		Página
1 y 2	.....	50
3 y 4	.....	51
5 y 6	.....	52
7 y 8	.....	53
9 y 10	.....	54
11 y 12	.....	55
13 y 14	.....	56

CUADRO DE LEYENDA DESCRIPTIVA

MAPA DE UNIDADES

I. INTRODUCCION

La erosión consiste en un proceso físico de desgaste de la superficie del suelo, donde frecuentemente se modifica el paisaje. Los factores causantes de la erosión son físicos y antrópicos, los primeros, relacionados con fenómenos naturales adversos y los segundos por la acción indebida del hombre. Las formas del relieve; la longitud y el grado de la pendiente, la duración, frecuencia, intensidad y distribución de las lluvias; la cobertura vegetal, la naturaleza y estado del material geológico de los suelos, son factores físicos de la erosión cuya acción se puede modificar por la intervención del hombre, acelerando o retardando el proceso erosivo.

Para el manejo apropiado de las cuencas hidrográficas, es necesario contar con estudios de erosión que permitan conocer los puntos críticos actuales y la susceptibilidad a la erosión, con el fin de aplicarles los tratamientos necesarios para prevenir, corregir, detener y evitar los procesos destructivos del paisaje. X

X En las cuencas de los ríos Pance, Melendez, Cali y Aguacatal con una extensión aproximada de 33.675 hectáreas, se realizó un estudio de erosión con el fin de conocer el tipo, clase y grado de erosión, establecer los factores que la originan y

recomendar las estrategias de prevención y control. En este estudio se hace un análisis de los factores determinantes de la erosión con énfasis en las causas antrópicas, topográficas, hidroclimáticas, edáficas y geológicas.

Durante la realización de este trabajo, se analizaron los estudios básicos de geología, geomorfología, suelos y climáticos de 14 estaciones pluviométricas distribuidas en las cuatro cuencas en estudio, también por medio de fotografías aéreas y por el método de fotointerpretación y confirmaciones de campo, se separaron áreas con procesos dominantes las cuales fueron consignados en el mapa básico, escala 1:50.000.

Se elaboró el informe técnico con su respectivo mapa y leyenda descriptiva y explicativa de los diferentes tipos de erosión, enfatizando en los procesos dominantes las zonas críticas y los tratamientos prioritarios con algunas recomendaciones sobre uso y manejo de suelos.

Con este documento se presenta un acopio de datos relacionados con la erosión que debe utilizarse como base para la elaboración de los planes de ordenación y desarrollo en las cuencas hidrográficas de Pance, Melendez, Aguacatal y Cali.



II. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Conocer y cuantificar la magnitud e intensidad de la erosión en las cuencas de los ríos Pance, Melendez, Cali y Aguacatal.

B. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Identificar los tipos, clases y grados de erosión en las cuencas hidrográficas y definir acciones inmediatas para su control.

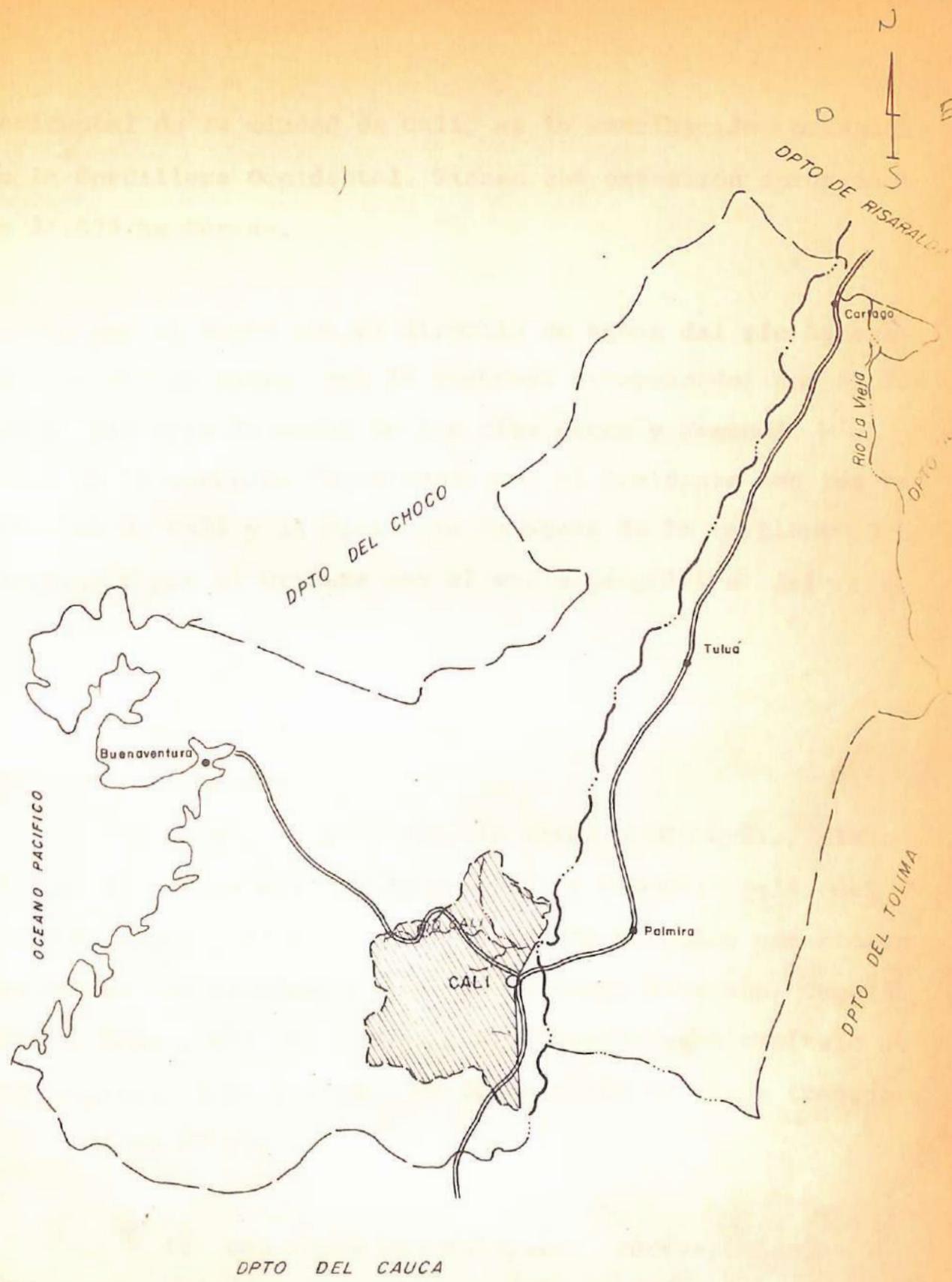
2. Determinar los factores que originan e inciden en los procesos erosivos actuales y potenciales.

3. Recomendar estrategias de control y prevención de la erosión, con diferentes alternativas de uso y manejo de suelos.

4. Definir el orden de prioridad, tanto para el tratamiento, como para el control y prevención de áreas con alta potencialidad de desarrollo.

III. LOCALIZACION Y EXTENSION

Los cauces de los ríos Pance, Melendez, Cali y Aguacatal (gráfico N° 1), se encuentran localizados en la parte



DPTO. VALLE DEL CAUCA

 Zona estudiada

Occidental de la ciudad de Cali, en la estribación oriental de la Cordillera Occidental. Tienen una extensión aproximada de 33.675 hectáreas.

Limita por el Norte con el divorcio de aguas del río Aguacatal y quebrada Negra con la quebrada Arroyohondo; por el Sur con el divorcio de aguas de los ríos Pance y Jamundí y el cauce de la quebrada Chontaduro; por el Occidente con los Farrallones de Cali y la divisoria de aguas de la vertiente del Pácifico y por el Oriente con el valle geográfico del río Cauca.

IV. RESUMEN DE ANTECEDENTES

A. GEOLOGIA

En el año de 1.979, la firma GEMCO Lyda., elaboró para la CVC el estudio de geología y geomorfología del área en mención, el cual tiene en cuenta estudios anteriores realizados por autores, tales como Hubach, Alvarado, Cucalón, BURGEL, Gobel, Van Der Hammen y Alvarez. En este capítulo se hace un resumen cronológico de lo descrito en estos trabajos (Ver gráfico N° 2).

1. Las rocas más antiguas, corresponden a la edad cretácea superior, donde sucedió una intensa actividad volcánica que dio origen al grupo diabásico o grupo doleríti

co, conforme lo describe Cucalón 1.969. Este material aflora en el extremo occidental en estudio (Ver fotografía N° 1).

2. Debido a que las erupciones volcánicas no fueron continuas, en los períodos intermedios o de actividad volcánica, se depositaron materiales clásticos de arenas, arcillas y cherts.

3. Reiniciada la actividad volcánica, las efusiones volcánicas submarinas cubrieron repetida e intercaladamente los depósitos sedimentarios formándose de este modo intercalaciones de rocas doleríticas con material sedimentario, las cuales cubren la parte intermedia de las cuencas en estudio.

4. Paralelo a la actividad anterior, se produce un leve metamorfismo en las rocas que forman el grupo Dagua o Faldequera. En la zona de estudio no fueron identificadas, pero aparecen inclusiones de esos materiales en algunos sitios no bien determinados, tales como la zona adyacente a Villa Carmelo en la cuenca del río Melendez.

5. A finales del cretáceo y coincidiendo con la disminución de la actividad volcánica, se suceden las intrusiones tonalíticas y las de tipo gabroide que atraviezan las

rocas de la Cordillera Occidental. Este material solo fue identificado en la cuenca del río Pance, en inmediaciones del caserío del mismo nombre.

6. Durante el terciario, ocurre una sedimentación en un ambiente húmedo con alta acumulación de turba o materia orgánica, origen de los sedimentos carboníferos del grupo Cauca (Ver fotografía N° 4). Estas rocas se encuentran en la zona Centro-Occidental de las cuencas estudiadas formando un paisaje de colinas. Los materiales que componen el grupo Cauca, corresponden a diferentes estratos de sedimentos variables donde alternan arenas, arcillas, limolitas y conglomerados con carbón (Ver fotografía N° 5); hay diferencias en la disposición de los estratos, en los espesores y en otras características, por lo cual GEMCO (4) en el estudio presentado a la CVC, los divide en cuatro conjuntos litológicos diferentes.

7. En los finales del terciario y al principio del cuaternario se repite la actividad volcánica, dando origen a las rocas que constituyen la formación Popayán. Esta actividad se desarrolló exclusivamente en la Cordillera Central, pero la avalancha de sedimentos y la torrencialidad de los mismos, alcanza a afectar el pie de monte de la Cordillera Occidental. En la zona de estudio, estas rocas afloran en el extremo Sur-Oriental adyacente a la trayectoria de los

ríos Pance y Melendez.

La formación Popayán litológicamente, es una serie no bien de finida de sedimentos volcánicos heterogéneos, tobas, brechas, aglomerados, conglomerados y cenizas volcánicas.

8. El cuaternario reciente, está representado por pequeños conos, valles, terrazas y abanicos que se observan en la zona de transición hacia el plano aluvial del valle del río Cauca.

9. Con la orogénesis de la Cordillera Occidental, las rocas fueron sometidas a una fuerte compresión que dio origen a fallas y pliegues. En la zona estudiada, los geólogos reportan la ocurrencia de varias fallas y pliegues, generalmente con orientación Sur-Norte que han fracturado el material y producen inestabilidad en los suelos (Ver fotografía N° 2). Entre las más notables se pueden destacar las fallas de Cali, Cascarrillal, Pichindecito, Pichindé, Dos Quebradas y Pance.

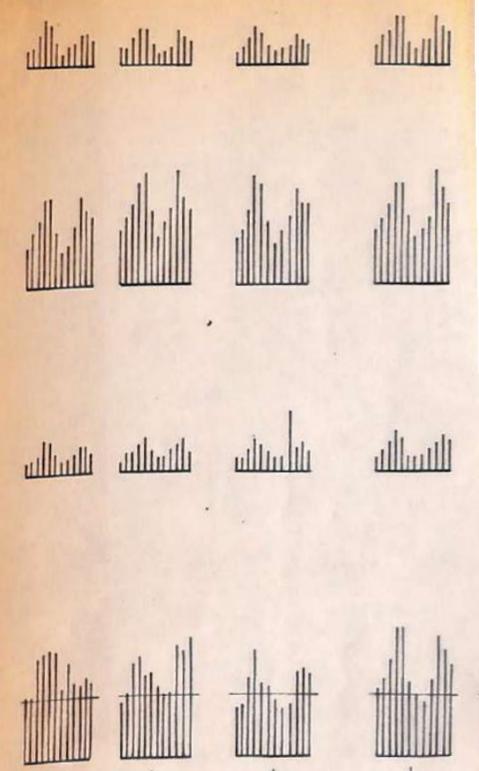
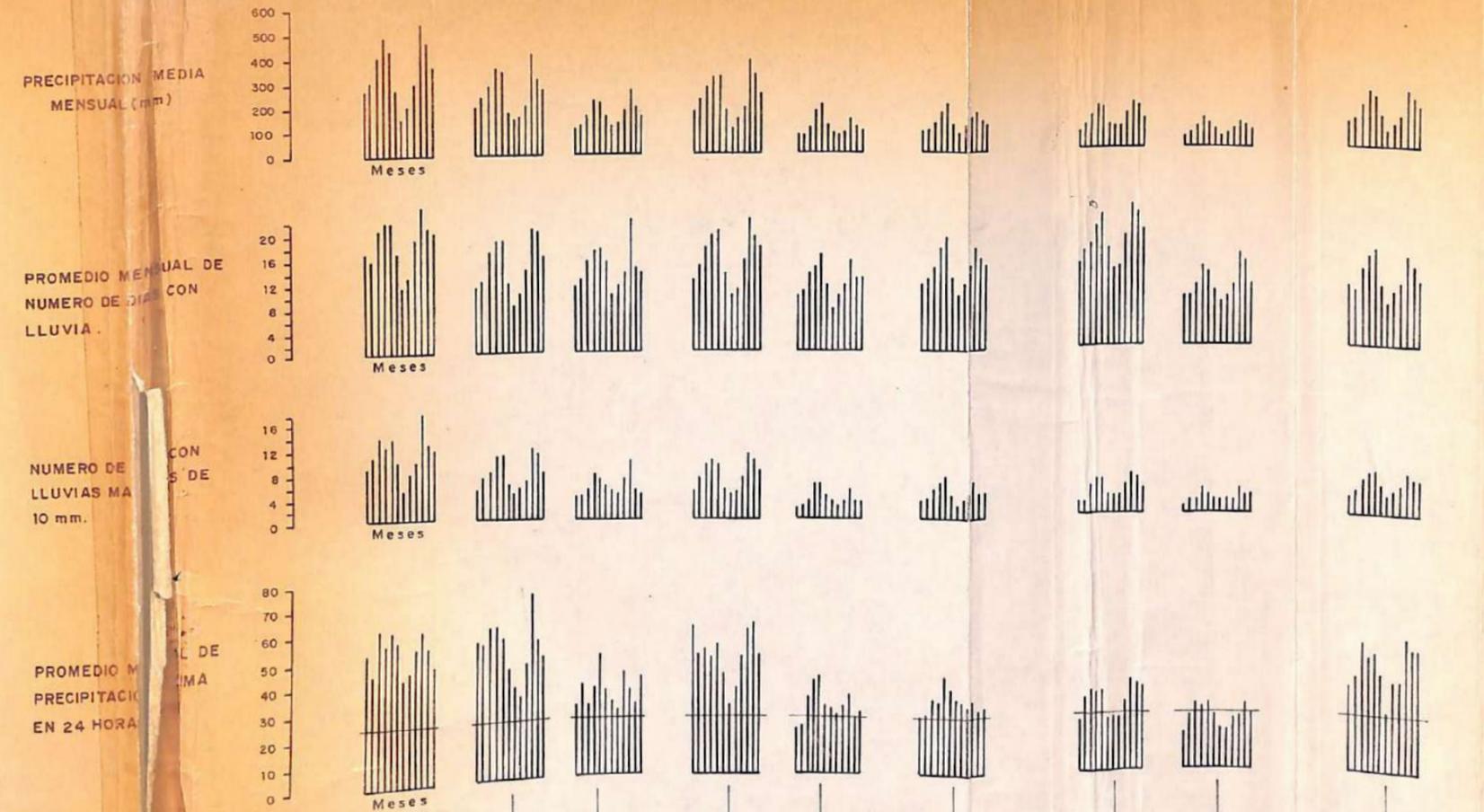
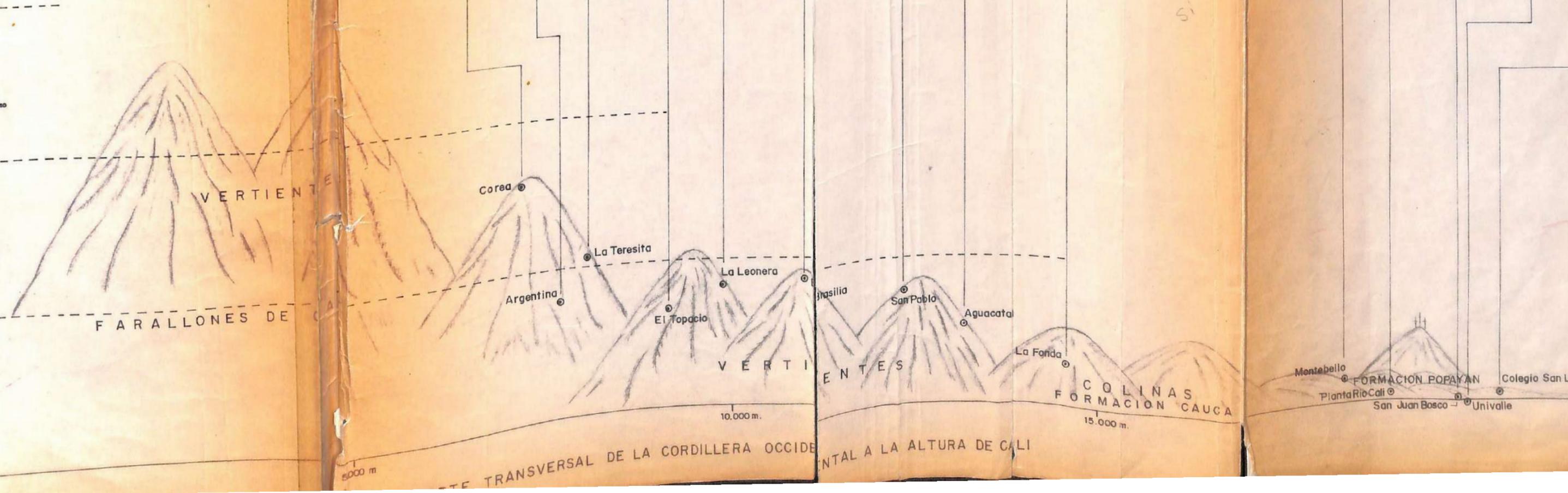
B. GEOMORFOLOGIA

En cuanto a la geomorfología, el área estudiada comprende tres grandes unidades : Formas de vertientes, collinas y formas aluviales (Ver gráfico N° 3). La mayoría del área es quebrada con disecciones profundas por el socavamiento continuado de los ríos y ascenso en la erosión remontante.

DE LAS FORMAS
CLIMATICA

Rios Pance - Meléndez - Cali y Aguacatal .

VIDA	MATERIAL GEOLOGICO y/o PARENTAL	UNIDADES DE SUELOS
se pluvial no.	Rocas diabasicas	MR Miscelaneo rupestre
se pluvial no bajo.		
se muy húmedo no bajo.		
se muy húmedo no bajo.		
se muy húmedo no bajo.	Caniza volcánica Diabases	PB Peñas blancas
se muy húmedo tropical.		
se muy húmedo tropical.	Caniza volcánica Diabases	FL Felidia
se húmedo tropical.	Sedimentario aluvial (Formación Cauca)	MO Moquete
se húmedo tropical.	Sedimentario volcánico (Formación Popayán)	LI Liberia
se seco tropical.	Valle aluvial	BY Bamboy
	Terrazas	BO Bosque
	Rocas diabasicas	PH Pescador
	Arcillas diabasicas	CL Cali



TE TRANSVERSAL DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL A LA ALTURA DE CALI

La erosión externa e interna de los suelos, el escurrimiento difuso y concentrado, las remociones masales, las acciones tectónicas y la erosión remontante, son los fenómenos responsables de los cambios actuales del paisaje.

1. Formas de Vertientes

Corresponde a la zona más alta de la Cordillera Occidental, incluyendo los Farallones de Cali, hasta la parte intermedia de las cuencas en estudio (Ver fotografía - N° 1). El material geológico dominante en esta unidad es dolerita (diabasa); en la zona intermedia de las cuencas, las doleritas están intercaladas con rocas sedimentarias (GEMCO 1.979). (4).

Las zonas más altas corresponden a relieves escarpados y pendientes abruptas cubiertas por vegetación natural. En las zonas medias, el relieve se suaviza formando cimas semi-redondeadas e influidas por la presencia de cenizas volcánicas. El patrón de drenaje corresponde a la forma dendrítica y subparalela con corrientes en forma de V (Ver fotografía N° 1), cuyos cauces son controlados por fracturas y fallas (4) (Ver fotografía N° 2). En algunas zonas de estas vertientes, se han formado pequeños aluviones por ensanchamiento del cauce de los ríos, especialmente el Pance y el Melendez.



Dentro de las vertientes suceden fenómenos de coluviación, ligados a las fallas tectónicas, diaclasamiento de material y concentraciones de humedad que facilita las remociones masales de flujo lento (reptación, soliflucción) y en ocasiones con cicatrices de escarpe, debidos a los desprendimientos del terreno, tal como se observa en inmediaciones de Felidia, Pichindé y Peñas Blancas (Ver fotografía N° 2). Las remociones masales, los movimientos tectónicos y el pisoteo del ganado forman una red intensa de terracetas y arrugamientos o hundimientos identificados, especialmente en las zonas donde hay cenizas volcánicas (Ver fotografía N° 3). En estas vertientes existe una erosión remontante, la cual es notable y fácilmente identificable en las vertientes bajas donde se perdieron las cenizas volcánicas; de otra parte las cenizas volcánicas disminuyen de Occidente a Oriente, en sentido contrario a la erosión remontante (Ver fotografía N° 2).

En forma general, se puede resumir que en las formas de vertiente, las remociones masales y la erosión remontante en las zonas más bajas de la misma, son los procesos dominantes y determinantes de las modificaciones actuales del paisaje.

2. Formas de Colinas

Las formas de colinas están dominando en la parte oriental de la zona estudiada, en contacto con el área plana aluvial; corresponde a diferente material sedimentario

caóticamente distribuido (rocas del grupo Cauca). (Ver fotografía N° 4) y material de origen volcánico depositado en forma torrencial, igualmente distribución caótica (Formación Popayán) (4).

Las formas colinadas normalmente presentan un relieve ondulado con pendientes variables en cuanto al grado, pero normalmente cortas en su longitud. Las colinas derivadas del grupo Cauca (Ver fotografía N° 4) tienen dirección Sur-Norte y están limitadas por fallas tectónicas. El drenaje en estas colinas es dendrítico a subparalelo, con disecciones variables de acuerdo a la consistencia o inestabilidad del material subyacente.

En estos materiales se realizan las extracciones carboníferas de las minas que bordean a la ciudad de Cali por el costado Occidental. Los estratos de estas colinas, bajan en diferentes direcciones con caídas verticales en la mayoría de ellos. Estas condiciones y las cuevas internas, producto de la explotación minera, producen desequilibrio de la base y los estratos superiores se asientan, se hunden, se deslizan o se desploman. En épocas de lluvias por escurrimiento, se transporta gran cantidad de sedimentos sobrantes que contaminan y ensucian la ciudad de Cali. Estos procesos son los más determinantes en las modificaciones del paisaje en las colinas. (Ver fotografías 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, y 14).

3. Formas Aluviales

Son pocas las formas deposicionales dentro de las cuencas en estudio. La mayoría de sedimentos han quedado acumulados en la parte plana del Valle geográfico del río - Cauca. Se pueden destacar sin embargo, las terrazas del río Pance y pequeñas planicies o llanuras aluviales en los quiebres de pendiente de la unidad fisiográfica adyacentes y por ensanchamiento o encausamiento de los principales ríos.

C. SUELOS

En las cuencas de Pance, Melendez, Cali y Aguacatal, se encuentran suelos con características diferentes por las variaciones climáticas, los cambios topográficos y el diverso material geológico y/o parental que allí aparece. En general son suelos de baja evolución, tanto por la ocurrencia reciente del material geológico (cenizas volcánicas) como por el lavado constante que sufren los suelos, especialmente en las partes más bajas de la vertiente, debido principalmente a la escasa cobertura vegetal, a la mala distribución de las lluvias y al uso y manejo inadecuados.

Consultado el estudio general de suelos, realizado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC 1.978, se identifican los suelos así :



1. En zonas de clima frío y muy frío, donde aflora el material geológico rocoso consolidado, fue cartografiado como misceláneo rocoso (MR).

2. En zonas de clima frío, donde las cenizas volcánicas de diferente espesor cubren rocas diabásicas o meta-diabásicas, se caracterizó la unidad Peñas Blancas (PB) compuesta por los conjuntos Peñas Blancas (Lithic Dystrandept) Cedrillo (Typic Humitropept) y Pasto (Lithic Humitropept). (Ver fotografía N° 6).

3. En áreas de clima medio se caracterizaron varias unidades :

a. En las regiones de vertiente, donde se desarrollaron suelos de origen diabásico con influencia de ceniza volcánica, aparece la unidad Felidia (FL) con los conjuntos Felidia (Andic Humitropept), Villa Colombia (Typic Dystropept) y Timbita (Lithic Troporthent). (Ver fotografía N° 3).

b. En zonas de clima medio con material sedimentario del grupo Cauca, se caracteriza la unidad Moquete (MO). (Ver fotografía N° 4).

c. En los valles coluvio-aluviales, los sue

los fueron agrupados en la unidad Bombay (BY), compuesto por los conjuntos Bombay (Aeric Tropic Fluvaquent), Rio Grande (Typic Tropofluvent) y Hato Viejo (Fluventic Dystropept).

d. Los valles aluviales fueron agrupados en la consociación Bosque (BO) representada por el suelo Bosque (Fluventic Humitropept).

4. En zonas de clima cálido moderado, fueron cartografiadas las unidades así :

a. En las vertientes de origen diabásico ligeramente meteorizado, los suelos fueron agrupados en la unidad Pescador (PH) compuesta por los conjuntos Pescador (Lithic Ustorthent) y Zanjón Seco (Vertic Ustropept). (Ver fotografías 1 y 13).

b. En las vertientes de origen diabásico altamente meteorizado, los suelos se agruparon en la asociación Cali (CL) con los conjuntos Cali (Typic Humitropept) y Patio (Typic Ustorthent).

c. En los suelos derivados de los sedimentos de la formación Popayán, se caracterizó la unidad Liberia (LI) compuesta por los conjuntos Liberia (Typic Humitropept)

y Novillera (Oxic Dystropept).

D. CLASIFICACIONES CLIMATICAS

En la zona estudiada, se han elaborado diferentes clasificaciones climáticas, entre las cuales se citan las empleadas por ESPINAL y MONTENEGRO, quienes utilizaron la metodología de Holdrige para separar las diferentes zonas de vida; de acuerdo con los diferentes pisos altitudinales de los más abjos a los más altos, los autores separaron las siguientes zonas de vida : Bosque seco subtropical (bs-ST); bosque húmedo subtropical (bh-ST); bosque muy húmedo subtropical (bmh-ST); bosque pluvial montano bajo (bp-MB); bosque pluvial montano (bp-M).

En el estudio de suelos realizado por la CVC-IGAC en 1.977, se definieron cuatro unidades de clima con gradación de los pisos más bajos hacia los más altos así : cálido moderado; medio, frío y muy frío.

V. USO ACTUAL DE LOS SUELOS

El extremo occidental de las cuencas, corresponde al parque de los Farallones de Cali, como tal, no debe hacerse ninguna clase de explotación comercial; sin embargo, en algunos sitios tiene la presión del colono que tala el bosque para instalar ganaderías (Ver fotografía N° 6).

En general la zona estudiada, tiene limitada explotación agrícola, pecuaria y forestal. Las actividades agrícolas notables corresponden a cultivos de clima medio como café, plátano y algunos frutales. No obstante la mayoría de cultivos, se realizan por necesidades de subsistencia con parcelas esporádicas de maíz, frijol, yuca y cebolla; normalmente sin excedentes para el comercio.

La actividad ganadera está situada en la zona Centro-oriental de las cuencas. Corresponde a una ganadería de libre pastoreo, en potreros extensos y sin pastos mejorados. El pasto trenza (*Paspalum notatum*), puntero (*Hyparrhenia ruffa*) y Yaraguá (*Melinis minutiflora*); son los más comunes (Ver fotos 7, 11 y 13). En esta misma zona se encuentran áreas abandonadas, en rastrojos y vegetación secundaria, pero con huellas claras de reptación y terracetos que indican la incidencia del ganado en épocas anteriores. Estas cicatrices o red continua de terracetos, señalan que la ganadería en épocas pasadas fue más intensa que la actual, sin desconocer la influencia tectónica en estos procesos.

El uso determinante en estas cuencas, es la minería con marcada influencia en los suelos y de la cual se hace una discusión detallada en el capítulo de los causales de la erosión. La minería es importante en el extremo oriental de las cuen



cas estudiadas y de ellas se extrae carbón, balasto, gravilla, arena y en general material para construcción (Ver fotografías 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14).

VI. DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS FACTORES Y PROCESOS EROSIVOS

En este capítulo, se hace una descripción de los factores determinantes en la erosión y se discuten los principales procesos que se suceden como consecuencia de factores naturales adversos y la intervención inadecuada del hombre. La discusión se adelantó con base en el examen del material geológico, geomorfológico y edáfico; el análisis de los factores hidroclimáticos y topográficos, aunados a la participación del hombre en la destrucción progresiva del paisaje.

A. FACTORES GEOLOGICOS Y EDAFICOS

Consultado y analizado el estudio geológico elaborado por GEMCO Ltda. (4) en 1.979, se deduce que la mezcla y alternancia del material sedimentario de diferente naturaleza y su distribución caótica en el perfil, como también la diferente composición química y mineralógica imprimen al suelo características de inestabilidad (Ver fotografías 5 y 8).

Los sitios más inestables son las superficies de contacto y los grados de afección son variables, de acuerdo con la interacción de otros factores, como los cambios del relieve, el

aumento de pendiente, la mala distribución de las lluvias, las variables de vegetación y el uso del suelo entre otros.

En el mismo estudio relaciona intensa actividad tectónica que ocasiona gran cantidad de fallas de diferente naturaleza, lo cual es fácilmente observable en el campo.

Este sistema de fallas ha fracturado el material original con el consiguiente desequilibrio de los estratos, por esta causa paralelamente a todo el sistema fallado, se identifican las remociones masales.

Las fallas generalmente con orientación Norte-Sur debilitan los materiales geológicos por el fracturamiento de material, estimulando las remociones masales. (Ver fotografías 2 y 3). Entre las más importantes se pueden citar : La falla Cali, que pasa bordeando el extremo oriental de las cuencas, atraviesa sitios importantes dentro de la ciudad y lugares aledaños. Al Occidente sucesivamente, se encuentran las fallas de Pance, Cascarrillal, Pichindecito y Pichindé en la zona alta.

Estas fallas transmiten los movimientos sísmicos y desequilibran los suelos, formando zonas de inestabilidad; paralelo al sistema fallado por las fracturas que sufren las rocas, - debidas a las tensiones y compresiones, por ésta causa, Cali está expuesto a un riesgo sísmico alto. Si se tiene en cuen-

ta que la falla del mismo nombre tiene una trayectoria paralela a la ciudad de Norte a Sur y en el costado occidental, afectando la mayoría de barrios localizados en el piedemonte urbanizado.

En las zonas de doleritas con cenizas volcánicas, son comunes la reptación, solifluxión y asentamientos, como sucede en la región de Peñas Blancas. (Ver fotografías 3 y 6). Los Andes, Pichindé, Felidia, La Leonera, Villa Carmelo, Saladito y en los nacimientos de agua del río Aguacatal.

En áreas de rocas sedimentarias del grupo Cauca, son comunes los hundimientos, desprendimientos y desplomes (Ver fotografías 4, 8, 9, 10 y 11). Estos fenómenos son corrientes en la parte intermedia de las cuencas y en la mayoría de colinas adyacentes a la ciudad de Cali. Por otra parte en este material sedimentario, alternan diferentes estratos con buzamientos casi verticales (Ver fotografías 5, 8 y 12) y con dureza y consistencia variables, lo cual, independientes a la explotación minera forman los asentamientos y hundimientos comunes en las rocas sedimentarias.

El proceso anterior, es agravado con la explotación del carbón y balasto, debidos a los espacios o cuevas internas dejadas y a los rellenos de socavones de minas antiguas y a la falta de obras de conservación.

B. FACTORES TOPOGRAFICOS

El área objeto de este estudio tiene diferentes pisos térmicos, diversos grados de humedad, variaciones notables de geología y suelos y contrastes marcados en la topografía del terreno. (Ver gráfico N° 3). Uno de los factores determinantes en el proceso erosivo de las cuencas de Cali, Pance, Melendez y Aguacatal, es la topografía del terreno. Aproximadamente el 95 % del área pertenece a la zona de ladera y cerca del 70 % de esta zona, presenta relieves quebrados y escarpados con pendientes largas y abruptas, especialmente en los cañones de los ríos (Ver fotografías 1 y 12) en los afluentes de estos y en los Farallones de Cali, donde frecuentemente se observan afloramientos rocosos con pendientes del 100 % y aún mayores.

Con estas condiciones topográficas, la erosión por escurrimiento, toma importancia y se intensifica a medida que aumenta el grado y longitud de la pendiente.

Smith y Wischmeier nombrado por Gómez (13), investigaron la relación entre la longitud de la pendiente y la velocidad, la energía del agua de esorrentía y la pérdida de suelo - "De sus ensayos dedujeron que al aumentar cuatro veces la longitud de la pendiente, se duplica la velocidad del agua, su fuerza erosiva aumenta cuatro veces y la cantidad de ma-

terial arrastrado aumenta 32 veces. Por el contrario se acorta una pendiente en cuatro, disminuye la erosión 32 veces".

La vegetación en las cuencas es variable. En las zonas con altitudes superiores a los 1.700 metros, generalmente se encuentra vegetación arbórea favorecida por condiciones climáticas húmedas y mejor calidad de los suelos, aunque intervenida por la presión colonizadora. En las áreas con altitudes inferiores a los 1.700 metros, la vegetación es de tipo arbustivo y de rastrojo, debido a la intervención del hombre y al ascenso de aire caliente seco que sopla de la parte plana. Esta vegetación no realiza el óptimo soporte mecánico que necesitan los suelos para mantenerse estables, como consecuencia cualquier clase de lluvia, escurre y arrastra gran cantidad de los mismos. Si hay infiltración, con estas condiciones topográficas se pueden generalizar las remociones masales donde la fuerza de gravedad se torna importante, conforme aumente el grado y la longitud de la pendiente. (A mayor grado y longitud de la pendiente, mayor influencia de fuerza de gravedad).

En las áreas de fuerte pendiente y suelos muy superficiales, se observa generalmente vegetación natural de tipo herbáceo, este tipo de vegetación es de frecuente ocurrencia en algunos taludes de los ríos Cali y Aguacatal y es muy poco el soporte mecánico que ofrecen a los suelos como resistencia para el arrastre por escorrentía. (Ver fotos 1 y 3).



C. FACTORES HIDROCLIMATICOS

Para el sustento técnico de la información hidroclimática, se analizaron los registros de 14 estaciones pluviométricas emplazados en las cuencas de los ríos Pance, Melendez, Cali y Aguacatal y facilitados por la Sección de Hidroclimatología de la CVC. La distribución geográfica, el nivel de correlación de datos y el análisis de los registros considerados se condensan en el gráfico N° 3.

El análisis de los registros de lluvias, indican conforme a la tendencia reportada en estudios realizados anteriormente en otras regiones que ocurren precipitaciones intensas en poco tiempo, alternando con períodos largos de sequía, es decir una mala distribución de las lluvias donde el mayor número de días son secos o de muy baja precipitación y en pocos días caen lluvias intensas que definen los promedios mensuales y anuales y transportan grandes cantidades de suelo por escorrentía o producen desequilibrios en las laderas por infiltraciones excesivas que estimulan la formación de las remociones masales.

Esta apreciación es válida para las zonas de clima medio y cálido moderado, con especial énfasis en el extremo oriental de las cuencas en estudio, es decir, lo más aledaño a la ciudad de Cali donde grandes regiones son azotadas por ascenso de aire caliente seco.

En las zonas de clima frío y concretamente en las zonas altas (farallones), mejora la distribución de las lluvias, aumentan do los días húmedos conforme se asciende en el terreno, pero las precipitaciones son excesivas y consecuentemente se suceden arrastres y lavados de suelo por el agua de esorrentía.

La gota de lluvia al caer en el suelo descubierto, origina la erosión pluvial por el impacto de la gota; posteriormente el agua escurre y/o se infiltra originando las diferentes clases de erosión dependiendo de la interacción de otros factores (geología, vegetación, relieve, pendiente, suelos). Si el agua escurre puede ocasionar erosión en forma de láminas o concentrarse en forma de surcos y cárcavas; si el agua se infiltra en forma excesiva, se saturan los suelos, se lavan los nutrimentos del mismo, se forman los movimientos masales de flujo lento o rápido dependiendo del efecto de otros factores, pero también se pueden formar canales internos, ayuda dos por las variaciones en la consistencia del material subyacente.

Del análisis de los registros climáticos podemos resumir los siguientes puntos :

1. En todas las estaciones analizadas se identi fican dos períodos secos y dos períodos húmedos, con deficienu

cias en cantidad e intensidad de las lluvias. (Ver gráfico N° 3).

2. El mayor número de días con lluvia, corresponde a los meses de mayor precipitación con variaciones de acuerdo a la ubicación geográfica así :

a. La cantidad de lluvia y los días que llueve, disminuyen en las cuencas en estudio de Occidente a Oriente, o sea que en la parte alta de las cuencas cae más agua y es mayor el número de días lluviosos que en el piedemonte de las mismas.

b. Igual tendencia se nota de Sur a Norte, donde las estaciones de la zona Sur tienen registros de mayor humedad que los de la zona Norte.

c. De acuerdo a lo anterior, se puede apreciar que la zona más húmeda corresponde a la zona Sur-Occidental y la más seca al área Nor-Oriental de las cuencas.

3. Tendencias similares se encuentran en el análisis de los días con lluvias mayores de 10 milímetros.

Las estaciones de Corea y La Argentina, muestran precipitaciones mayores de 10 milímetros en más del 50% de los días

con lluvia; otras como el Topacio y La Fonda, están cerca de este porcentaje. El promedio general de todos los registros de días con precipitaciones mayores de 10 milímetros, muestran que el 37 % de días tienen precipitaciones mayores de 10 milímetros diarios. Todos estos análisis indican que en las cuencas en estudio, durante todo el año y en todas las estaciones, incluyendo las lluvias caídas en períodos secos sobra agua que se comporta como agente o factor de erosión.

En rango de 10 milímetros (10 litros/M²/día), según la Organización Meteorológica Mundial (OMM), es una cantidad suficiente para el desarrollo de la mayoría de cultivos. Esta información puede tener validez en nuestro medio colombiano para un clima de temperatura promedio de 18°C y con suelos de texturas intermedias (suelos francos). Una cantidad mayor puede irse por la superficie con el consiguiente arrastre de suelo o puede infiltrarse estimulando las remociones masales. Estos 10 milímetros de precipitación diarios, pueden ser escasos en las zonas planas del Valle del Cauca con temperaturas promedio de 25° C, porque ocurre alta evapotranspiración, pero puede tornarse excesivas en las zonas de páramo por la causa contraria.

los 10 milímetros en vertientes abruptas pueden también tornarse excesivas, especialmente si las lluvias se suceden en

varios días consecutivos. Un agravante común es que la mayoría de días con lluvias tienen precipitaciones superiores a los 10 milímetros con casos extremos, como sucede en la estación de la planta del río Cali, donde el 19 de diciembre de 1.978 cayeron en un solo día 138 milímetros, o sea 138 litros por metro cuadrado.

Un análisis también importante que se está utilizando en los estudios sobre la erosión, es el promedio mensual de precipitaciones máximas superiores a 25 mm. diarios. El sustento técnico de esta información, es una investigación publicada por "USDA FOREST VERTICE GENERAL TECHNICAL REPORT" titulado Problemas de estabilidad de pendientes asociado a la tala de bosques en la región montañosa de los Estados Unidos (traducción de Jaime Forero) D.N.S. Swanston, como autor, indica que ocurre en la región tempestades muy intensas en primavera y otoño, ocasionalmente mayores de 25 milímetros en 24 horas que producen desequilibrios y avalanchas.

Hecho el análisis comparativo en las estaciones consideradas para este estudio, (Ver gráfico N° 3) se observa que en todas las estaciones ocurren máximas mensuales superiores a 25 milímetros diarios de promedio, durante la mayoría de los meses; y en la mitad de las estaciones, durante todos los meses del año. También se observa que el 85 % del promedio de

los meses suceden precipitaciones promedias superiores a 25 milímetros diarios. Esto indica la agresividad marcada de las lluvias y aguas sobrantes que intervienen en el proceso erosivo de los suelos.

D. FACTORES ANTROPICOS

El hombre es un factor dinámico que incide directamente sobre los factores físicos, agilizando los procesos erosivos de los suelos. El uso inadecuado del suelo, las prácticas de manejo inadecuadas del mismo, la apertura de vías sin previo análisis de factibilidad y sin las obras complementarias adecuadas, el desconocimiento sobre prácticas de manejo de suelos, la forma de tenencia de la tierra, el tamaño de los predios, la concentración poblacional en áreas pequeñas, la deficiente educación; son condiciones antrópicas que participan directa o indirectamente en el proceso erosivo de los suelos.

En las cuencas de los ríos Pance, Melendez, Cali y Aguacatal, el hombre es el factor más determinante en la erosión de los suelos. En las áreas más bajas, la presión de la población caleña sobre las cuencas estudiadas, ocasiona erosión conforme va creciendo la ciudad, con variados contrastes; desde la construcción de lujosas residencias en las áreas de nacimiento de aguas, hasta la invasión con peque-

ñas chozas o viviendas alrededor de los túneles socavados para la explotación minera. El aumento progresivo de urbanizaciones e invasiones alrededor de los cerros vecinos, sin control o planificación adecuada es un agravante y permanente amenaza de destrucción para los cerros tutelares.

La explotación en canteras y la extracción del carbón son actividades del hombre que aceleran el proceso erosivo por el socavamiento interno de los perfiles, los vacíos o túneles que se forman con posteriores hundimientos del terreno y por la red de vías que se constituye sin previos diseños conservacionistas (Ver fotos 4, 8, 9, 10 y 11). Además los sedimentos sobrantes son botados en los taludes de las vías (Ver foto N° 2), los cuales posteriormente son arrastrados y depositados por las aguas lluvias, tapando los cauces naturales y contaminando las calles principales de la ciudad de Cali.

Más grave que la inconveniencia de estas actividades, es la falta de obras de conservación de suelos, la distribución caótica de las vías y el anarquismo generalizado en la extracción del carbón y balasto, sin obras preventivas, correctivas o recuperativas de suelos y vegetación.

Otra consideración de la acción antrópica, se relaciona con las zonas de ladera y especialmente en las laderas secas,

las cuales son explotadas con ganadería de libre pastoreo (Ver fotografías 1, 7 y 13). Este uso contrasta totalmente con la vocación de los suelos, en vista de que son regiones con limitaciones físicas graves y técnicamente solo pueden ser recomendables la reforestación proteccionista o de limitada explotación. La ganadería de libre pastoreo en regiones con fuertes pendientes y condiciones secas de escasa vegetación es contradictoria con la conservación de los suelos. En regiones húmedas, la ganadería puede mejorar sembrando pastos de corte y manteniendo el ganado confinado en establos (Ver fotografía N° 3). En zonas secas es recomendable erradicarla totalmente.

Otro foco de erosión antrópica, se relaciona con la construcción de las vías de penetración a las cuencas. Con excepción de la vía Cali-Buenaventura, a las demás carreteras y caminos les falta obras de complementación y mantenimiento; es corriente observar vías sin zanjas y cunetas, o taponadas de sedimentos cuando existen, los taludes desprotegidos, malas entregas de aguas y alcantarillas mal ubicadas. (Ver fotografías 5 y 8).

VII. CONCLUSIONES

En la región estudiada, existen factores geofísicos drásticos que limitan el uso de los suelos y dificultan su

manejo. En estas condiciones, el hombre ha intervenido acelerando el proceso erosivo natural y el deterioro de los recursos naturales.

Entre los factores geofísicos determinantes de la erosión se pueden citar los geológicos, edáficos, topográficos e hidroclimáticos. Los factores antrópicos son los que más inciden en la erosión por varias causas. Un resumen de los factores de erosión se sintetizan como sigue :

1. Factores geológicos y edáficos

a. Mezcla de materiales geológicos de diferente composición, los cuales presentan inestabilidad especialmente en las zonas de contacto.

b. Estratificación de rocas sedimentarias - con buzamientos verticales que producen inestabilidad.

c. Diferentes grados de meteorización de las rocas, donde la acción del agua genera procesos erosivos como solifluxión, reptación, deslizamientos, sufosión, hundimientos y asentamientos.

d. Acciones tectónicas con diversas fallas que fracturan las rocas y producen inestabilidad.

e. Los suelos derivados de cenizas volcánicas tienen buena infiltración, percolación y retención de humedad, por lo cual aumenta de peso y lubrican permanentemente a los horizontes inferiores facilitando las remociones masales.

2. Factores Topográficos

a. Predominio de relieves escarpados con pendientes fuertes y largas, especialmente en los cañones de los ríos.

b. En las vertientes secas y abruptas, afectadas por el ascenso de aire caliente seco, aparece una vegetación arbórea y herbácea con acción para contrarrestar la erosión.

3. Los factores hidroclimáticos más notables son:

a. Agresividad de las lluvias debida a la mala distribución de la precipitación, donde caen lluvias de alta intensidad después de períodos largos de sequía (cae mucha agua en pocos días, "lluvias intensas" después de muchos días secos).

b. Ocurren con frecuencia lluvias torrencias-

les con precipitaciones mayores de 50 milímetros diarios, con aguaceros intensos como el sucedido en la cuenca del río Cali el 19 de diciembre de 1.978, donde cayeron 138 milímetros en un solo día.

c. El 85 % de las precipitaciones promedio de máximas mensuales son mayores de 25 milímetros en 24 horas.

d. En el 36 % de los días lluviosos, caen precipitaciones mayores de 10 milímetros diarios.

4. Los factores antrópicos más determinantes para la erosión en las cuencas de los ríos Cali, Aguacatal, Pance y Melendez son :

a. Presión del colono sobre la zona de reserva de los Farallones de Cali.

b. Explotaciones mineras y canteras sin planificación y sin complementación de obras de conservación de suelos y bosques.

c. El uso inadecuado de suelos con ganaderías sin tecnificación y manejo adecuado.

d. Construcción de vías de penetración sin las obras complementarias necesarias y sin mantenimiento.

e. Presión de la población caleña en los cerros de la ciudad con invasiones que destruyen y modifican el paisaje.

VIII. RECOMENDACIONES

En la parte descriptiva del proceso erosivo, se pudo establecer que hay varios factores determinantes de la erosión, lo cual necesariamente implica la adopción de diversas técnicas para prevenir, detener o corregir la erosión de los suelos.

Teniendo en cuenta la magnitud, diversidad y dinamismo de los procesos erosivos, es imposible pretender que este estudio plantee todas las soluciones a los problemas identificados en el área, pero si debe tomarse como un aporte técnico para la búsqueda de las soluciones más adecuadas, las cuales deben ser integrales con los aspectos socioeconómicos de la población que habita en las cuencas.

El estudio sirve como documento básico y de apoyo a los administradores de las cuencas para la estructuración de programas específicos del control de la erosión. Para facilitar la parte descriptiva, la identificación de fenómenos erosi-

vos y la interpretación del estudio; se elaboró un mapa a escala 1:50.000 con su leyenda descriptiva de las diferentes áreas demarcando procesos y grados de afección, resaltando los sitios con problemas actuales y potenciales para definir prioridades de tratamiento o solución.

Para la interpretación del mapa se adoptó la siguiente simbología :

A. PROCESOS DE EROSION

- S. Soliflucción, reptación y pata de vaca
- P. Terracetas y/o pata de vaca
- C. Esgurrimiento concentrado (cárcavas)
- E. Esgurrimiento laminar y difuso
- H. Hundimientos, asentamientos
- D. Deslizamientos, derrumbes

B. GRADOS DE EROSION

- 1. Ligero
- 2. Moderado
- 3. Severo
- 4. Muy severo

Para mayor detalle se puede consultar en el apéndice el capítulo relacionado con la delimitación de unidades, donde se

detalla la metodología empleada.

Las recomendaciones están enmarcadas dentro de los siguientes aspectos generales :

a. Cuando en los fenómenos de la erosión son dominantes las remociones masales, las acciones preventivas o correctivas son limitadas y en ocasiones no se pueden realizar; en estos casos las prácticas de conservación deben ser técnicamente seleccionadas, puesto que las prácticas tradicionales se pueden tornar contraproducentes.

b. Cuando los fenómenos dominantes de la erosión se deban a la acción de la escorrentía, se pueden aplicar varias prácticas de conservación así : Si el problema es por cárcavas (escurrimiento concentrado), se pueden estabilizar taludes, control, captación y encausamiento de aguas, aislamiento de áreas y estímulo al cubrimiento vegetal permanente. Cuando el problema se debe a escurrimiento laminar y/o difuso, se pueden construir acequias de ladera, barreras vivas o muertas, coberturas vegetales y construcción de terrazas de banco o de relleno, si el piso lo permite y si la explotación de los suelos lo justifica.

c. Cuando la erosión se debe a la acción



antropogénica inadecuada, la correlación más eficaz estará encaminada a adaptar campañas divulgativas y educativas sobre uso, manejo y conservación de suelos para evitar la acción destructora de los suelos por la erosión.

El orden de prioridades en las recomendaciones y los tratamientos técnicos, se determina teniendo en cuenta los grados de afección de los paisajes, la necesidad y factibilidad de las obras y la capacidad productora de los suelos.

Para el caso específico de este estudio debe procederse así :

1. Areas con erosión muy severa (4)

Color en el mapa	:	Ocre tostado
Area	:	1.635 hectáreas
Porcentaje	:	4.9 %
Símbolos	:	E4H4D2, E4H3D2, E4H2O2 y E4C2H2.

Pertenecen a los cerros adyacentes a la ciudad de Cali, intervenidos directamente por el hombre mediante las explotaciones mineras, canteras y urbanizaciones irradiando erosión conforme se ensancha la ciudad.

Corresponde con el área más crítica y como tal, la que merece un tratamiento prioritario. La CVC por intermedio de la

Sección de Cuencas Hidrográficas, puede argumentar ante las oficinas de Planeación Municipal para la elaboración del estudio socio-económico y de impacto ambiental de las áreas críticas que rodean a la ciudad de Cali, para presionar a los propietarios y usuarios de minas y canteras al uso de prácticas de conservación y manejo de suelos y al establecimiento de cobertura vegetal, teniendo en cuenta los siguientes aspectos :

- a. Programas completos por predios, de control de aguas de escorrentía con captaciones adecuadas y entregas a cauces naturales.
- b. Construcción de vías con la aprobación de la CVC.
- c. Adecuación de las vías existentes con cunetas, desagües y taludes protegidos.
- d. Ubicar estratégicamente los depósitos de sedimentos sobrantes por las minas y canteras en sitios protegidos contra el arrastre de las aguas.
- e. Siembra de vegetación protectora, escogiendo especies resistentes a la sequía y que sirvan de alternativa

parcial para leña, pulpa, posteadura o madera para construcción o simplemente estimular y proteger la regeneración natural.

f. Construir obras de recuperación en aquellos sitios tradicionalmente desprotegidos, que aportan permanentemente sedimentos a los cauces naturales, mediante cajuelas de infiltración, acequias y trinchos.

g. Campañas divulgativas para dar a conocer la incidencia destructiva del hombre sobre los cerros y las alternativas de prevención y control para conservar los recursos naturales.

h. Exigencia en el cumplimiento del acuerdo N° 6 de la CVC del año 1.979 "Por el cual se dictan normas relativas a la preservación de los recursos naturales renovables en la exploración y explotación de minerales y canteras en territorio de jurisdicción de la CVC" y crear incentivos y estímulos para quienes lo cumplan.

i. Implementar un programa eficaz que disminuya los riesgos de quemas (sucedidas principalmente en épocas secas).

2. Areas con erosión severa (3)

Colores en el mapa : Rojo carmín, laca escarlata, rojo bermellón y anaranjado.

Area : 8.539 hectáreas

Porcentaje : 24.8 %

Símbolos : S3C3E3; P3C3E3, C3E3H2D2

C3E3H2, C3E3D2, C3E3P1, C3P2D2, C3S2D2, C3E2P1, C3E2D1, E3C2H2D2, E3S2C2, E3P2C2, E3P2D2H1, E3C2D2, E3C2H2, E3H2D2, E3P2H1, E3C2P1, E3P2C1, E3C2D1, E3H2D1, E3C2S1, E3C2.

En estas áreas se recomiendan diferentes tratamientos, dependiendo de los procesos y grados de erosión así :

a. En áreas cartografiadas preferencialmente con solifluxión, en el mapa color rojo carmín con simbología S3C3E3 (360 hectáreas) 1.2 %. Los procesos dominantes en estos suelos son las remociones masales de flujo lento, la erosión en pata de vaca y los carcavamientos.

La acción preventiva debe limitarse al control de aguas de escorrentía con un manejo cuidadoso, mediante acequias y canales revestidos para evitar la infiltración. Estas áreas son aptas para ganadería de libre pastoreo, pero se pueden establecer pastos de corte y confinar la ganadería a establos técnicamente contruidos. Los pastos de corte mas acon



sejables para la zona son el King grass, elefante (*Pennisetum purpureum*), imperial (*Axonopus scorparius*), los cuales se pueden sembrar en lotes alternos con pequeños potreros de gramíneas y leguminosas que sirvan para sacar el ganado a cortos períodos de descanso y pastoreo.

El uso más indicado para estos suelos, debe ser las reforestaciones de diferente tipo, especialmente proteccionista con aprovechamiento parcial de leña, pulpa para posteadura y madera para construcción, lo cual coincide en terminos generales con la zonificación del uso potencial, hecha por la Sección de Suelos en estas cuencas. (6).

En estas áreas se debe tener especial cuidado con la ubicación de las construcciones y demás obras de ingeniería, debido al movimiento interno del suelo que desequilibra lo construido o acelera el proceso destructivo natural.

b. Las zonas cartografiadas con dominancia de terracetas o pata de vaca, en el mapa (color laca escarlata) y cuya simbología completa es P3C3E3 (340 hectáreas) 1%. Son regiones ganaderas con suelos superficiales, relieves escarpados, pendientes largas y abruptas, climas secos con lluvias mal distribuidas donde se ha generalizado la erosión en pata de vaca, cárcavamientos y escurrimiento

intenso; con estas condiciones geofísicas adversas, el uso se debe orientar hacia las reforestaciones. El uso pecuario actual es el más controvertido con la potencialidad de los suelos. El uso agrícola solamente se puede desarrollar donde se puedan construir terrazas y se disponga de riego; el riego por goteo puede ser una gran alternativa en estas áreas, condicionados a la producción y productividad.

Una acción prioritaria en estas áreas, es el control de aguas de escorrentía con obras de captación como zanjas y acequias, complementando con barreras vivas. La escorrentía en estas áreas es un proceso complementario a la erosión en pata de vaca, por lo tanto, paralelamente al retiro del ganado se debe reforestar y adelantar las obras de control de la escorrentía.

c. Las regiones con erosión severa color en el mapa rojo bermellón, símbolos C3E3H2D2, C3E3H2, C3E3D2, C3E3P1, C3P2D2, C3S2D2, C3E2D1, C3E2P1; 6.5 % (2.212 hectáreas) corresponden a colinas sedimentarias y a la formación Popayán, cuyo estado se debe fundamentalmente al azote del clima por el ascenso de aire caliente seco, unido a las explotaciones mineras y a la ganadería de libre pastoreo.

La mayoría de las cárcavas cartografiadas en estas unidades

Están estabilizadas por la misma naturaleza, otras que están activas, se pueden tratar haciendo peinado de taludes y sembrando en ellos pastos colonizadores como los brachiarias que invaden rápidamente el suelo y resisten los períodos largos de sequía.

Con el fin de garantizar la eficiencia de las acciones correctivas, se deben aislar las áreas más críticas y diseñar un control de aguas de escorrentía para evitar el arrastre fácil del suelo suelto e inconsistente.

En las áreas donde se identifique claramente el socavamiento del suelo o la formación de pequeños cauces, se pueden estabilizar construyendo pequeños trinchos en guadua o madera rotilla que ~~no~~ equilibren los taludes, permitan la regeneración espontánea de la vegetación y frenar así la erosión remontante o retrocedente.

Muchas de estas áreas deben ser intervenidas por la CVC para el cumplimiento de los requerimientos ordenados en el acuerdo N° 6 de 1.979, donde se dictan normas para la explotación de minas y canteras con miras a preservación de los recursos naturales. Se deben crear estímulos para quienes las acaten.

d. Las unidades cartografiadas con erosión



de grado severo, cuyo proceso dominante es la escorrentía, color en el mapa anaranjado y símbolos en el mapa E3C2H2D2, E3S2C2, E3P2C2, E3P2D2H1, E3C2D2, E3C2D1, E3C2H2, E3H2D2, E3C2S1, E3P2H1, E3C2P1, E3P2H1, E3P2C1, E3C2 (5.447 hectáreas) 16.1 % corresponden a los cañones medios y bajos de los principales ríos y afluentes con pendientes largas y abruptas, clima medio seco, suelos muy superficiales en algunos sitios con roca aflorante, la vegetación es arbustiva y herbácea. El uso actual está limitado a ganadería de libre pastoreo y rastrojo, sometido en ocasiones a las quemas.

Estas tierras solamente son aptas para reforestación conservacionista con limitadas opciones de aprovechamiento (6). La mayoría del área debe aislarse para estimular la regeneración de la vegetación y parte se puede reforestar con especies arbustivas que sirvan para leña, posteadura y madera para construcción.

La agricultura solamente es posible en pequeñas parcelas, - construyendo terrazas de banco o de relleno siempre que sea posible, aplicación de riego principalmente por goteo. Estas posibilidades quedan condicionadas a la capacidad económica de los propietarios y al diseño de planes y programas específicos de explotación y conservación de suelos, tal como se adelanta en las fincas Miravalles y El Oasis, cuenca del río Cañaveralejo.

La utilización de estas tierras en ganaderías, es la más controvertible con la armonía que debe existir entre la producción y la conservación de los suelos. Así que la acción más correcta para contrarrestar la erosión, es buscar alternativas de desarrollo diferentes a la ganadería, entre las cuales la prioritaria debe estar orientada a las reforestaciones.

En términos generales, en las áreas cuyos procesos dominantes, como en este caso, es la escorrentía aunque en diferentes gradación E3 (escorrentía severa), E2 (escorrentía moderada), E1 (escorrentía ligera); se pueden aplicar las prácticas de conservación como barreras vivas, acequias de ladera, cultivos en fajas, coberturas vegetales, siembras a través de la pendiente, cultivos en curvas a nivel y la construcción de cualquier sistema de terrazas, dependiendo del tipo de cultivo y de las condiciones físicas del área.

La pendiente determina la estrategia en el uso de prácticas de conservación, por lo tanto de acuerdo con su grado y longitud se establecerán las prácticas requeridas acordes con el uso del suelo y la justificación económica.

3. Areas con erosión moderada
- | | |
|-------|-------------------------|
| Area | : 11.211 hectáreas |
| Color | : Gama de los amarillos |

Porcentaje : 33.3 %

Símbolos : S2E2D2, S2E2D1H1, S2E2D1
S2D2H1, S2H2D1, S2E1H1, S2E1D1, P2C2E2D2, P2E2H2, P2E2C1, P2S1;
 C2E2D2S1, C2E2S1, C2E2P1, C2E2D1, C2E2, E2S1D1, E2C1P1, E2S1,
 E2P1, E2C1, E2.

Las áreas cartografiadas con erosión moderada, representadas en el mapa por la gama de colores amarillos tienen condiciones intermedias de deterioro, que a su vez requieren tratamientos para corregir o detener la erosión.

Comparadas estas unidades con las cartografiadas con erosión severa y muy severa, analizadas anteriormente, se puede concluir que son suelos de mejor calidad y aptitud que los anteriores, pero puede llegar el caso en que siendo de igual o inferior calidad han tenido mejores tratamientos por parte del hombre; por esta causa las recomendaciones técnicas no se pueden generalizar con base al grado de erosión. No obstante se puede resumir, que estas áreas permiten una mayor utilización de los suelos, pero empleando prácticas también intensivas de manejo y conservación de los mismos. La mayoría de estas áreas son de vocación forestal y algunas se localizan en nacimientos de aguas. Otras de estas áreas y concretamente las más cercanas a Pance, Villa Carmelo, Pichindé, La Leonera, El Diamante, Felidia, El Saladito y el kilómetro 18

tienen la presión del hombre por el incremento de viviendas en detrimento del bosque nativo. En algunas áreas de estas, se están utilizando prácticas de conservación en los pocos cultivos sembrados que merecen el estímulo o impulso para la generalización de éstas en las fincas establecidas.

En estas unidades y en general en el área de las cuencas Pan de Azúcar, Melendez, Cali y Aguacatal, se debe evitar la ganadería de libre pastoreo por el daño del pisoteo del ganado que ocasiona compactaciones y destrucción del perfil. Se puede mejorar la ganadería, sembrando pastos de corte y estabulación del ganado.

En las zonas cuyo proceso dominante es el escurrimiento, mapeadas con el símbolo (E), se pueden aplicar las prácticas de conservación como : Barreras vivas, acequias de ladera, cultivos en fajas, zanjias de coronación, cultivos en contorno siguiendo curvas a nivel, coberturas vegetales y demás obras de conservación complementarias o recuperativas.

4. Areas con erosión ligera (1)
 y Areas sin erosión (N)
 Area : 7.410 Has. y 5.060 Has.
 Color : Gama de los verdes y sin color
 Porcentaje: 22 % y 15 % respectivamente
 Símbolos : S1C1E1, S1E1, P1E1D1, C1E1, E1, N

Estas áreas están representadas por las unidades coloreadas con la gama de los verdes y sin colorear, corresponden a las zonas altas de las cuencas, generalmente dentro del parque Natural los Farallones y otras protegidas por rodales de vegetación natural. La mayoría del área se caracteriza por las fuertes pendientes, frío intenso, nubosidad permanente, bajo brillo solar y cubierta por vegetación primaria y secundaria.

En la zona base de los Farallones, es notable la presión del hombre sobre el bosque natural, para instalar cultivos y ganaderías, especialmente en las regiones de Pance, Villa Carmelo y Peñas Blancas; teniendo en cuenta la condición de parque natural nacional, se recomienda la observación de las normas vigentes.

Las pequeñas zonas planas y de coluviones, fuera del área de parque con suelos de mayor potencialidad agrícola y pecuaria de las cuencas, por lo tanto allí se pueden adelantar programas intensos de desarrollo, con la aplicación de prácticas sencillas de conservación y manejo de suelos, aguas y cultivos.

IX. OBSERVACIONES GENERALES

1. El estudio de erosión de las cuencas de los ríos Pance, Melendez, Cali y Aguacatal, guarda una correlación es

trecha con el estudio de zonificación del uso potencial de los suelos adelantado en estas mismas cuencas, por lo tanto se recomienda que para su aplicación sean consultados conjunta y complementariamente.

2. Es necesario que este estudio sea conocido, interpretado y de amplio dominio por todo el personal profesional, expertos, inspectores, prácticos, guarda bosques; vinculados a la administración y manejo de las cuencas, con el fin de instruirlos y prevenirlos sobre los riesgos de la erosión en las áreas de su proyecto.

3. Es necesario estructurar campañas divulgativas, educativas y de capacitación referentes a los peligros de la erosión a diferentes niveles: Campesinos, agricultores, ganaderos y mineros.

4. Es conveniente estructurar planes de capacitación en conservación y manejo de suelos para el personal de la cuenca, en áreas o fincas demostrativas con el fin de masificar las ideas técnicas. Las experiencias obtenidas en San Emigdio, además de los proyectos de Miravalles y El Oasis podrían constituirse en buen ejemplo.

5. Es necesario que la División de Recursos Naturales, analice la posibilidad de establecer distritos de -

manejo y conservación de suelos con políticas coherentes de crédito, asistencia técnica e incentivos.

6. Se recomienda coordinar en la Sección de Hidroclimatología la instalación de instrumentos que complementen la información climática, especialmente relacionada con el recorrido del viento, dada la importancia que este tiene en la interpretación del estado general del tiempo atmosférico.

7. Este documento sirve de base para cuantificar en un análisis posterior, la conservación o el deterioro de las cuencas en estudio.

8. La División de Asistencia Técnica a través de la Sección de Suelos, ofrece todo el concurso necesario que permita la interpretación y aplicación de este estudio.



Foto N° 1 (F.M. Suárez) Panorámica de Felidia con dirección a Alto del Camello y Cristo Rey, cuenca del río Cali, vertientes de clima medio seco, relieve escarpado, pendientes largas y abruptas, suelos diabásicos superficiales vegetación arbustiva y herbácea usados con ganadería de libre pastoreo.



Foto N° 2 (F. Giraldo) Trayectoria de la falla Pichindecito del Saladito hacia el Sur. Se observan los cauces por la línea de falla y el contraste climático de seco a húmedo; también la diferenciación gradual de proceso de escurrimiento a remoción masal.





Foto N° 3 (F.M. Suárez) Región de Aguacatal, 7 kilómetros al Norte del kilómetro 18. Zona transicional de clima medio a frío húmedo y nacimiento de aguas del río Aguacatal. Se observan arrugamientos, hundimientos, terracetas y erosión en pata de vaca y en general erosión por remoción masal.



Foto N° 4 (F. Giraldo) Zona de La Buitrera, colinas de la formación Cauca, de clima medio seco, formas alargadas con intenso cárcavamiento y escurrimiento generalizado, debido a las explotaciones mineras sin obras de conservación.



Foto N° 5 (F.M. Suárez) Región de Golondrinas, cuenca del río Aguacatal. Se observan los diferentes estratos sedimentarios con buzamientos fuertemente inclinados en taludes desprovistos de vegetación.



Foto N° 6 (F. Giraldo) Región de Peñas Blancas, cuenca del río Pichindé, clima frío húmedo. Se observa la presión del hombre en la zona de reserva y la generalización de las remociones masales (solifluxión) conforme avanza la tala del bosque.



Foto N° 7 (F.M. Suárez) Cuenca del río Cali, región de Yanacanas, Alto del Camello, clima medio seco, vertientes con ganaderías de libre pastoreo, erosión en pata de vaca y escurrimiento generalizado difuso, laminar y concentrado (cárcavas) y soliflujión.



Foto N° 8 (F. Giraldo) región de Monte Redondo, cuenca del río Melendez. Se observan las huellas de excavaciones antiguas en material sedimentario deleznable e inconsistente, donde se generaliza la erosión remontante con aporte de sedimentos a los cauces de los ríos.





Foto N° 9 (F. Giraldo) Zona Sur de Cali, colinas sedimentarias de la formación Cauca intervenidas por la población caleña en la explotación minera. Se observan las modificaciones drásticas del paisaje, debidas a la desprotección y desgaste de los suelos.



Foto N° 10 (F. Giraldo) Cerros adyacentes a la ciudad de Cali - intensamente explotados en minería y completamente desprotegidos, con sedimentos sobrantes que contaminan las calles de la ciudad en la época de las lluvias (barrios Guadalupe, Los Chorros, Puente palma, La Cascada).



Foto N° 11 (F. Giraldo) Zona Sur de la ciudad de Cali, Alto de La Cruz. Es notable la consecuencia de la acción minera identificable por los socavones, los sedimentos sobrantes superficiales y los hundimientos posteriores del perfil del suelo y el peligro inminente para la torre de redes eléctricas.



Foto N° 12 (F.M. Suárez) Zona Norte de la ciudad de Cali, parte alta del barrio Normandía. Se observa la disposición de los estratos rocosos con buzamientos casi verticales y sedimentos sueltos en la superficie, sacados de socavones mineros que contaminan a la ciudad en las épocas de las lluvias.



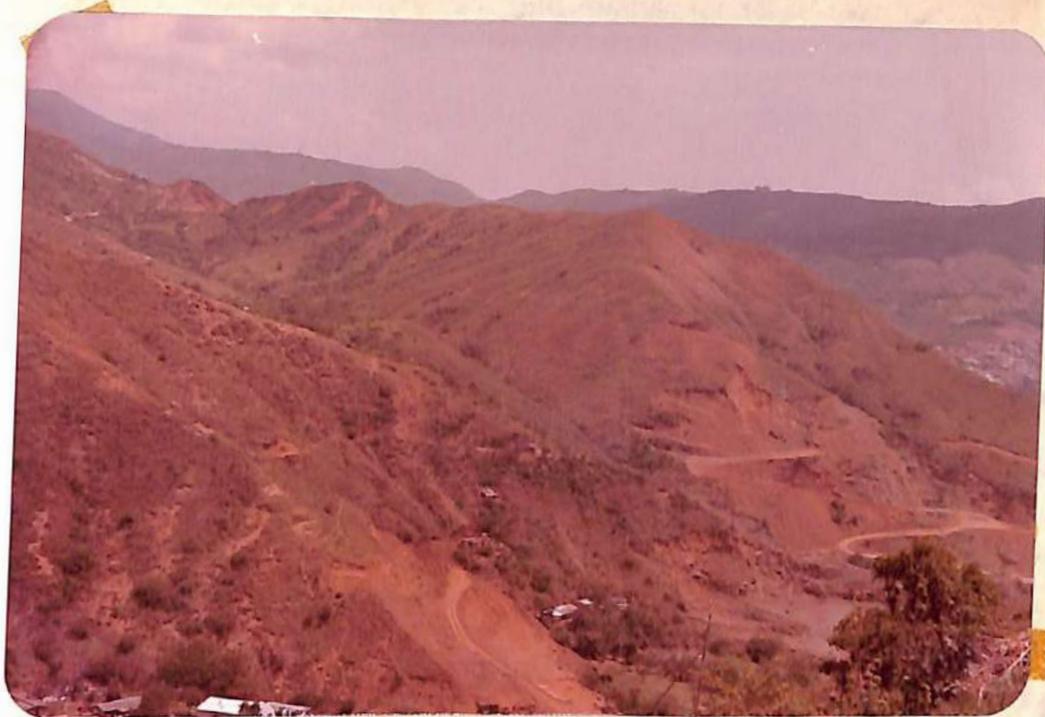


Foto N° 13 (F.M. Suárez) Cuenca del río Aguacatal, vertientes secas de rocas diabásicas explotadas en canteras y extracción de balasto para construcción y afirmado de carreteras. También se observan las áreas utilizadas con ganaderías de libre pastoreo y de limitada potencialidad de desarrollo.

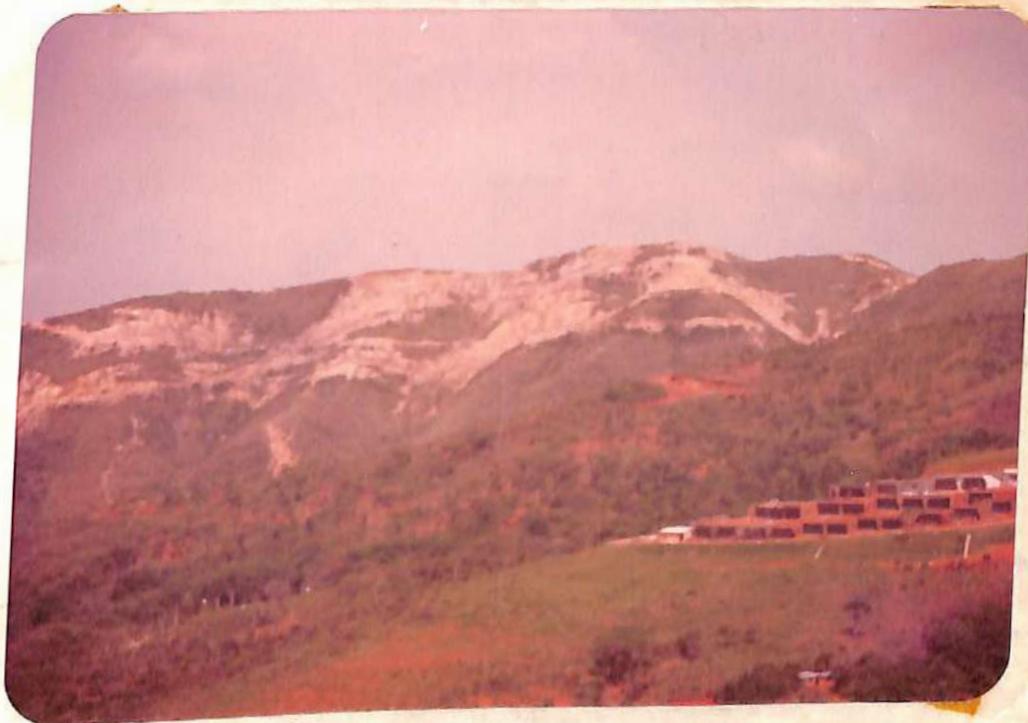


Foto N° 14 (E. Narváez) Cuenca del río Cañaveralejo, vista de Occidente a Oriente. Zonas de Coincidencia entre - el cementerio humano y el ocaso o cementerio de los suelos, enfocando el camposanto de Jardines del Re cuerdo y la destrucción generalizada del paisaje - en las áreas vecinas.



X. BIBLIOGRAFIA

1. CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA-CVC. Informe Técnico sobre Causas de la Erosión en el corregimiento de Mondomo. Informe CVC N° 81-17. F.M. Suárez. Cali, 1.981. 19.
2. _____ Estudio Detallado de Erosión Riohondo-La Tequilla. Cuenca Palacé-Robles. Informe CVC N° 82-6 F.M. Suárez. Cali, 1.982. 50 p.
3. _____ Estudio Semidetallado de Erosión en las Cuencas del río Tuluá y Morales. F.M. Suárez, Jaime Forero. Cali, 1.983. 105 p.
4. ~~_____~~ X Estudio Geológico, Geomorfológico de las Cuencas Hidrográficas de los ríos Pance, Melendez Aguacatal. GEMCO Ltda. Consultores de Geología y Minería. Bogotá, 1.979. 75 p.
5. _____ Zonificación de Areas para Uso y Manejo de Suelos. Informe CVC N° 80-3. Cali, 1.982. 86 p.
6. _____ Zonificación de Areas para Uso y Manejo de Suelos. Sector Jamundí-Yumbo. Aníbal Burgos, Santiago Gaona. Cali, 1.982. 69 p.

7. _____ Estudio del Uso Potencial y Erosión Cuenca del río Calima. Aníbal Burgos, F.M. Suárez. Cali 1.984. 81 p.
8. _____ Parcelas Demostrativas de Manejo y Conservación de Suelos con Cultivos de Yuca. Alfonso - García, Eduardo Narváez. Cali. 1.985 (Mimeografiado).
9. _____ Generalidades del Sistema de Riego por Goteo Eduardo Narváez. Cali, 1.984 (Mimeografiado).
10. DERRUAU. M. Précis de Geomorphologie. 4a. edición. Ediciones Ariel. Barcelona, 1.966.
11. EMMONS W. et al. Geología. 5a. edición. Ediciones del Castillo S.A. Madrid, 1.965.
12. F. FOURNIER. Conservación de Suelos. Ediciones Mundi prensa. Madrid, 1.975. 254 p.
13. GOMEZ A. Conservación de Suelos de Ladera. Federación Nacional de Cafeteros. Chinchiná, 1.975. 267 p.
14. INSTITUTO NACIONAL DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES Y DEL MEDIO AMBIENTE "INDERENA". La Erosión de

Tierras en Colombia. Bogotá, 1.977. 56 p.

15. INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI-IGAC. Estudio General de Suelos del Sector Quebrado Restrepo, Cali, Jamundí. Cordillera Occidental. Departamento del Valle del Cauca. Bogotá, 1.978. 372 p.
16. OIL CONSERVATION SOCIETY OF AMERICA. "Soil Erosión Predection and Control". 1.977.
17. SWANSTON D.N. Problemas de Estabilidad de Pendientes Asociada con tala de Bosques en la Región Occidental Montañosa de los Estados Unidos. - USDA Forest Service General Thechnical Report. 1.974. 21 p.



INFORME DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

El presente informe tiene por objeto exponer los resultados de la investigación llevada a cabo en el laboratorio de Física y Matemáticas de la Universidad de los Andes, durante el año 1954.

El estudio de las vibraciones de un sistema de masa resorte y péndulo simple, así como de los fenómenos de interferencia y difracción de ondas, se han tratado en los capítulos I y II de este informe.

A P E N D I C E

En el presente capítulo se describen los aparatos utilizados en el laboratorio de Física y Matemáticas de la Universidad de los Andes, así como los métodos empleados para la obtención de los datos experimentales. Se describen también los procedimientos utilizados para el análisis de los datos obtenidos.

DELIMITACION DE UNIDADES DE EROSION

En los estudios de erosion, se tienen en cuenta varios elementos para delimitar las unidades cartográficas y confeccionar el mapa de procesos.

Para la evaluación de las unidades, se tuvo en cuenta el tipo, clase y grado de erosión de los fenómenos locales y regionales que actúan en la modelación de las formas de la superficie terrestre.

Se consideraron dos grandes procesos o clases de erosión :
a.) Las clases debidas a las remociones masales, incluido el daño por el pisoteo del ganado y b.) Las clases debidas al arrastre superficial del agua, osea los efectos por la escorrentía.

En el primer caso, se definieron movimientos masales de tipo lento como reptación y soliflucción, representado en el mapa por el símbolo S, se incluye en este símbolo la erosión por daños debidos al pisoteo del ganado, cuando los dos fenómenos están asociados o suceden simultáneamente y en mismo grado de afección, pero cuando la afección depende principalmente por el pisoteo del ganado, la letra S se reemplaza por el símbolo P.

Los movimientos de flujo rápido como derrumbes o deslizamientos, son representados por el símbolo D y los asentamientos y hundimientos con el símbolo H.

Para los procesos de erosión debidos a la escorrentía, se utilizaron los símbolos C cuando la escorrentía concentrada ocurre en cárcavas y E cuando la escorrentía es laminar y/o difusa. Las áreas sin erosión, están representadas por el símbolo N.

Debido a que los procesos erosivos tienen diferente posibilidad para el manejo de los mismos, en el tratamiento de los suelos, se estableció de menor a mayor probabilidad de control el siguiente orden de prioridades : S, P, C y E.

Los procesos de movimientos como H y D, no se relacionan en este orden de prioridades, debido a que son de ocurrencia localizada y necesitan en la mayoría de casos tratamientos específicos, por eso su control en algunos casos es menos posible que S.

Los procesos también tienen su diferente grado de afección que a la vez también nos indican la prioridad en los tratamientos. Para este estudio se han utilizado los parámetros de : Muy severa, severa, moderada y ligera; representados -

por los números 4, 3, 2 y 1 respectivamente.

Para resaltar las unidades cartografiadas de erosión, se utilizaron colores diferentes de acuerdo con el proceso identificado y el grado de erosión correspondiente. Se eligieron gamas para cada grado de erosión y variaciones dentro de la gama de colores para el proceso más limitante dentro de la unidad cartográfica, de acuerdo con las prioridades antes descritas.

Por ejemplo : Se ha tomado una gama de colores cafés para el grado 4; la gama de los rojos para el grado 3; la de los amarillos para el grado 2; la de los verdes para el grado 1 y las zonas sin erosión, se escogió el color blanco. De esta forma la unidad E4H4D2 llevará el color de la gama de los cafés e indicará escurrimiento laminar y difuso en grado muy severo; así tenga otros procesos importantes como hundimientos y deslizamientos; en la fórmula S3C3E3, queda incluido en la gama de los rojos, coloreando la soliflucción, reptación y pata de vaca en grado severo, incluyendo escurrimiento laminar difuso y concentrado (C y E); en la fórmula C2E2D2S1 queda ubicada en la zona de los amarillos y corresponderá a la predominancia de escurrimiento concentrado (cárcavas) en grado moderado, así existen otros procesos importantes como escurrimiento difuso, deslizamientos y soliflucción y así sucesivamente para las demás unidades.

GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS

- ABANICO** Término equivalente: cono de deyección.
Sedimentos depositados en forma de abanico por una quebrada o un río que al salir de un relieve montañoso cambia bruscamente la pendiente de su cauce.
- ACELERADA (EROSION)** Se dice de cualquier erosión agravada por acción del hombre - Término contrario : erosión geológica.
- AGLOMERADO** Agrupación de diferentes materiales de tamaño variable sin ninguna cementación que los haga coherentes.
- ALUVIAL** Transportado y depositado por agua corriente.
- ALUD** Es un deslizamiento, derrumbe, etc., se ñala la acumulación de materiales.
- AGRESIVO (CLIMA)** Se dice de un clima cuyas características propician la aparición y desarrollo de procesos erosivos. Tal es el caso de los cli

mas que representan estaciones fuertemente contrastadas.

ANTROPICO

Debido al hombre

ARENISCA

Capas de arena que se han consolidado formando masas rocosas.

ASENTAMIENTO

Hundimiento y agrietamiento de un terreno, ocasionados entre otros factores por sufo_o sión o por desecamiento.

CARCAVA

Nicho, zanja, fosa o sepultura dejadas - por movimientos de tierra o avenidas de agua en tierra movediza. Las cárcavas - pueden evolucionar posteriormente por - erosión remontante y desplomes.

COLUVIONES

Materiales provenientes de las laderas y depositados por escurrimientos, o movimientos en masa al pie de las mismas.

CONCENTRADA
(EROSION)

La erosión (hídrica) concentrada se origina por el escurrimiento del mismo nombre. Se inicia cuando los hilos de agua se unen, siguen trazados preferenciales y

originan entalles que luego van profundizándose y suelen evolucionar hacia la formación de surcos y cárcavas. La erosión concentrada a menudo no actúa sola, sino que se superpone a la erosión difusa o laminar.

CONGLOMERADO

Material geológico similar a la brecha, se diferencia de ésta porque sus elementos constituyentes no son de borde angular, sino redondeados por la acción del transporte.

CUCHARA
(GOLPE DE)

Traducción literal de un término francés. Se amplea a veces para designar pequeños deslizamientos superficiales, a menudo angostos y alargados.

DELEZNABLE

Se dice de un material o un terreno que tiene propensión a perder su cohesión y/o estabilidad y por lo tanto a erodar y/o deslizarse.

DENUDACION

Desgaste de la superficie terrestre, debido a la erosión por escorrentía.



DERRUMBE

Cualquier movimiento en masa de flujo rápido en terrenos pendientes, sinónimo de desplome.

DESLIZAMIENTO

Movimiento en masa más lento que los derrumbes y ocurre en pendientes moderadas por la acción de la excesiva humedad que forman superficies de fricción lisas por donde fácilmente se desplaza el material suprayacente.

DESPLOME

Movimiento de material por caída instantánea en taludes y laderas empinadas con influencia predominante de la gravedad.

DESPRENDIMIENTO

Término equivalente: desplome, movimiento de caída instantánea en cornisas, taludes y laderas empinadas con influencia predominante de la gravedad.

DIACLASAMIENTO

Fisura o grieta en un estrato sin que los bloques originados sufran desplazamiento vertical.

DIFUSA

La erosión (hídrica) difusa es ocasionada por el escurrimiento del mismo nombre, es

decir por hilos finos de agua sin dirección nítida o predominante. Afecta pues toda la superficie, pero en forma generalmente moderada. Cuando el arrastre viene a ser importante, toma el nombre de erosión laminar.

D F
EADICO

Referente a los suelos

EROSION REGRESIVA
REMONTANTE O
RETROCEDENTE

Todo proceso erosivo que evoluciona hacia arriba, hasta decapitar en ocasiones las partes más altas.

ESCORRENTIA

Se dice generalmente del escurrimiento su perficial, cuando se produce por el mismo terreno o en pequeñas cañadas y quebradas.

EXCAVACIONES

Apertura de cavidades o huecos por acción mecánica del agua.

FALLA

Término utilizado en geología para designar los desniveles y fracturas tectónicas.

FUERZA TECTONICA

Acción y efecto de estirar y comprimir la corteza terrestre.

- INFILTRACION Es la capacidad que presentan las capas u horizontes superficiales del suelo de permitir el paso del agua aplicada o llovida.
- INTEMPERISMO Ver meteorización
- METEORIZACION Alteración de las rocas por la acción de los agentes físicos, químicos y biológicos. Sinónimo de intemperismo.
- PERCOLACION Movimiento vertical del agua hacia los estratos más profundos.
- PERMEABILIDAD O CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA Conducción y medida del agua en cualquier dirección dentro del perfil.
- PLUVIAL (EROSION) Debida a la salpicadura que produce el impacto de las gotas de lluvia cuando caen sobre un terreno sin protección vegetal. Favorece el arranque de material por los hilos de agua (erosión hidrica).
- POTENCIAL EROSIVO Riesgo de erosión en una zona actualmente sin mayores problemas. Concretamente la erosión potencial, se refiere a la ero-

sión potencial se refiere a la erosión que se puede esperar en caso de colonizar una región todavía sin demostrar.

PRESION

Acción o efecto de apretar o comprimir

REMOCION
(EN MASA)

Término equivalente: movimiento (s) en masa. Desplazamiento hacia abajo de un volumen apreciable de terreno, bajo influencia de la gravedad sola (desprendimiento) o combinada con la humedad (soliflucción). Puede ser flujo rápido (derrumbes) o lento (reptación). Los movimientos en masa se consideran generalmente como fenómenos erosivos, aunque algunos de ellos, entre los cuales la soliflucción, no ocasiona - pérdida real de tierra ni suministran - arrastres.

REPTACION

Movimiento lento de la tierra en las vertientes, sin modificación topográfica apreciable, ni aparición de surcos. Proceso de erosión difusa, leve e incipiente. En hidráulica fluvial la palabra "reptación" se refiere al transporte de elementos (cantos, bloques) que se desplazan

sobre el fondo del lecho (sin saltar).

ROCAS HIPABISALES
O HIPOABISALES

Conjunto de rocas consolidadas cerca a la superficie. Las texturas de estas rocas son más finas que las plutónicas e intrusivas, pero más bastas que las volcánicas o extrusivas.

SOBREPASTOREO

Pastoreo excesivo que origina una degradación progresiva de los potreros. En terrenos ondulados, se manifiesta inicialmente por terracillas (caminos de ganado).

SOCAVACION O
SOCAVAMIENTO

Término equivalente: Zapamiento. Procesos de erosión lateral en las riberas de los ríos y quebradas. Actúa por el debilitamiento de las capas inferiores y el consiguiente derrumbe de la capa superior. El fenómeno hace retroceder las orillas. "Socavación" se usa también como equivalente de sufusión (Véase esa palabra).

SUFOSION O
SUFUSION

Término especializado, usado en geomorfología. Proceso de erosión hídrica del ma

terial subyacente, lo que por pérdida de volumen origina vacíos y el consiguiente hundimiento del estrato superficial. Las formas relacionadas son depresiones a menudo subcirculares que, a veces, se alinean y alcanzan a formar pequeños caños. También se observan pequeñas cuevas (en los taludes) y en terreno plano, asentamientos acompañados por grietas. "Socavación" se puede usar en lugar de "Sufo_sión", pero es menos específica, pues se refiere también a dinámica de ríos u otros procesos.

SUBYACER-INFRA-
YACER

Estar debajo de algo

SUMIDERO

Conducto o canal interno que se va formando debajo de la tierra, formación de cavidades internas.

SUPRAYACER

Estar encima de algo.

TERRACILLAS O
TERRACETAS

Término equivalente: Caminos de ganado, (a veces pie de vaca o pata de vaca).

Forma menor de erosión incipiente, por

originar agrietamientos y manchas de suelos desnudos, se consideran que favorecen la erosión peculiar y la aparición de pequeños deslizamientos.

TERRAZA

Acumulación aluvial en forma de terraplén en un nivel más alto que el fondo del valle. A veces escalonadas. En conservación; de suelos designa de igual manera terraplenes o banquetas escalonadas, siguiendo las curvas de nivel construidas para disminuir la escorrentía superficial e incrementar correlativamente la infiltración.

TOBA VOLCANICA

Roca formada por la cementación de materiales volcánicos finos (cenizas, lapilli y polvo volcánico).

TORRENCIAL

Se dice de una corriente de agua que presenta grandes diferencias de nivel entre aguas altas y bajas. La torrencialidad es generalmente relacionada con una carga sólida importante en aguas altas.

TRINCHO

Pequeño dique transversal que se construye en una quebrada o arroyo para provocar

sedimentación aguas arriba y/o cortar la pendiente.

TURBIDEZ

Cantidad de sedimentos transportados en suspensión por una corriente de agua. Generalmente expresada en g/l.



ESTUDIO DE EROSION CUENCAS PANCE-MELENDEZ-CALI-AGUACATAL
LEYENDA DESCRIPTIVA (AREA 33.675 Has)

DJA 1

GRADO DE EROSION	CARACTERISTICAS FISICAS			FACTORES DETERMINANTES DE LA EROSION	PROCESOS DOMINANTES	SIMBOLOS EN EL MAPA	OBSERVACIONES ADICIONALES	AREA (Ha) Y PORCENTAJE	USO ACTUAL DE LOS SUELOS	RECOMENDACIONES
	CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS Y LITOLOGIA	CARACTERISTICAS CLIMATICAS	CARACTERISTICAS DE LAS FORMAS							
MUY SEVERA	Afloramiento rocoso de material sedimentario, suelos muy superficiales, abundantes sedimentos sueltos.	Vientos cálidos secos ascendentes en la mañana, descendentes en la tarde, lluvias mal distribuidas, escasas e intensas.	Colinas alineadas con orientación Norte-Sur, pendientes variables naturalmente cortas.	Antrópicos Litológicos Hidroclimáticos.	Escurrimiento intenso, laminar y concentrado, hundimientos y formación de fosas internas.	E4H4D2 E4H3D2 E4H2D2 E4E2H2	Transporte intenso de sedimentos por las lluvias que contaminan la ciudad de Cali. Hundimientos generalizados y aspecto esquelético del paisaje.	1635 Has 4.9 %	Zonas de minería y pequeñas áreas en rastrojo y ganadería.	Elaborar estudios socio-económicos e intervención de Planeación Municipal. Declarar los cerros adyacentes a Cali, como distrito de conservación de suelos. Buscar alternativas de producción diferentes a la minería. Exigir prácticas de conservación y crear estímulos para quienes manejen bien los suelos y sanciones a quienes los destruyen o aprovechan mal. Las soluciones técnicas deben estar ligadas con las condiciones sociales de los habitantes de los cerros.
	Suelos de origen diabásico con intercalaciones de material sedimentario.	Zona transicional de seco a húmedo con influencia de vientos ascendentes secos.	Relieves y pendientes variables de grado predominantemente fuerte.	Topográficos Litológicos Climáticos Tectónicos	Movimientos en masa de flujo lento; asentamientos, soliflucción y reptación generalizada.	E3C3E3	Los asentamientos y en general los fenómenos de soliflucción precen ligados a fenómenos tectónicos; fuerte escorren-tía, difusa y en cárcavas.	360 Has 1.2 %	Ganadería de libre pastoreo y zonas en rastrojo.	Erradicar la ganadería de libre pastoreo de estas áreas. Pocas áreas son propias para la ganadería estabulada, la mayoría de la zona tiene vocación forestal de aprovechamiento limitado. Se necesita hacer un control cuidadoso de aguas, tanto de escurrimiento en zonas de pendiente como de infiltración en las zonas con remociones masales.
	Suelos superficiales de origen diabásico.	Zonas secas por lluvias mal distribuidas y vientos ascendentes cálidos secos.	Relieves escarpados, pendientes fuertes.	Antrópicos Topográficos Climáticos	Terraceo fuerte y escurrimiento intenso laminar y concentrado.	E3C3E3	El intenso sobrepastoreo y acción del casco del animal en los suelos los ha destruido, con el consiguiente lavado por la acción de las lluvias.	340 Has 1 %	Ganadería de libre pastoreo.	No son zonas aptas para ganadería por consiguiente, se debe prohibir. La acción correctiva se debe orientar: Retiro del ganado, control de aguas de escorren-tía con miras a un aprovechamiento vigilado y controlado, porque la potencialidad de producción es baja.
SEVERA	Suelos de origen diabásico y sedimentario con inclusiones de la formación Popayán.	Zonas secas por ascenso de aire caliente seco y mala distribución de lluvias.	Relieves variables de ondulados a escarpados con diferentes pendientes.	Antrópicos Litológicos	Escurrimiento intenso, difuso, laminar y concentrado (cárcavas) normalmente con pata de vaca y soliflucción.	C3E3H2D2 C3E3H2 C3E3D2 C3E3P1 C3P2E2 C3S2D2 C3E2P1 C3E2D1	La intensa acción de las lluvias, se facilita por la inadecuada intervención de hombre tanto en explotación minera como en el uso en ganaderías de libre pastoreo.	2212 Has 6.5 %	Explotaciones mineras y ganaderías y algunos rastrojos.	Aplicar la reglamentación sobre explotaciones mineras y sancionar a los contraventores y estimular a los que la hagan bien. Emplear campañas divulgativas sobre la erosión y su control con prácticas de conservación y manejo de suelos. Control de taludes, escorren-tía, peinado de taludes, aislamiento de áreas críticas, siembra de vegetación colonizadora resistente a sequías, estabilización de cauces.
	Suelos mezclados entre diabásicos y sedimentarios. En Pance formación Popayán.	Ascensos de aire caliente seco que reseca la vegetación. Lluvias agresivas con aguaceros cortos e intensos.	Colinas alineadas con orientación Norte-Sur y laderas con pendientes fuertes y largas, especialmente en los cañones de los ríos.	Antrópicos Climáticos Topográficos Litológicos	Escurrimiento intenso generalizado, laminar y difuso, en muchos sitios concentrado en forma de cárcavas. Deslizamientos, hundimientos y pata de vaca.	E3C2H2D2 E3S2C2 E3P2C2 E3P2D2H1 E3C2D2 E3H2D2 E3P2H1 E3C2S1 E3C2P1 E3P2H1 E3C2D1 E3H2D1 E3C2H2 E3C2	En la mayoría de las zonas el escurrimiento se intensifica por el uso de ganaderías de libre pastoreo y deficiente manejo de la explotación minera.	5447 Has 16.1 %	Ganadería, explotaciones mineras. Algunas zonas en rastrojo.	Reforestación con especies arbustivas para leña, cercos y postea-dura. La mayoría del área es marginal para ganadería de libre pastoreo. Los cultivos preferiblemente en terrazas u otras prácticas intensas de conservación. Los cañones de los ríos se deben aislar y son marginales para uso pecuario y se limita el pastoreo.

ESTUDIO DE EROSION CUENCAS PANCE-MELENDZ-CALI AGUACATAL
LEYENDA DESCRIPTIVA (Continuación)

HOJA 2

GRADO DE EROSION	CARACTERISTICAS GEOFISICAS			FACTORES DETERMINANTES DE LA EROSION	PROCESOS DOMINANTES	SIMBOLOS EN EL MAPA	OBSERVACIONES ADICIONALES	AREA (Ha) Y PORCENTAJE	USO ACTUAL DE LOS SUELOS	RECOMENDACIONES
	CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS Y LITOLOGIA	CARACTERISTICAS CLIMATICAS	CARACTERISTICAS DE LAS FORMAS							
MODERADA	Suelos de diabasas con cubrimientos superficiales de cenizas volcánicas.	Zonas húmedas con precipitaciones altas en la cuenca del río Pance.	Laderas con pendientes variables, fuertes en la zona central y Sur y más suaves hacia el Norte.	Antrópicos Topográficos Tectónicos Climáticos	Soliflucción y regación, generalizada con hundimientos y deslizamientos localizados.	S2E2D2 S2E2D1H1 S2E2D1 S2D2H1 S2H2D1 S2E1H1 S2E1D1	La presión del hombre y el uso en ganaderías de estas tierras, ha extinguido las mejores zonas boscosas. En algunos sitios se está haciendo obras de conservación.	7577 Has 22.5 %	Cultivos de hortalizas, café, plátano y pastos de corte, ganadería extensiva.	Son áreas con mayor aptitud para el desarrollo agrícola y pecuario que las mapeadas con erosión severa; sin embargo tiene bastante presión social y se han incrementado las viviendas en detrimento del bosque que nativo. En algunos sitios se están haciendo obras de conservación y manejo que se deben estimular.
	Suelos de diabasas con intercalaciones de material sedimentario en el piedemonte Sur, influencia de la formación Popayán	Normalmente corresponde a zonas secas por mala distribución de las lluvias y ascensos de aire caliente seco de las áreas planas.	Colinas alineadas con orientación Norte-Sur. Algunas zonas son de vertientes abruptas con pendientes largas.	Antrópicos Climáticos Litológicos Topográficos	Erosión en patada de vaca y escurrimiento tanto laminar y difuso como concentrado en cárcavas.	P2C2E2D2 P2E2H2 P2E2C1 P2S1 C2E2D2S1 C2E2S1 C2E2P1 C2E2D1	Zonas afectadas por la intervención humana, además ganaderías de los parcos y el ascenso de aire caliente de la zona.	1479 Has 4.2 % 1236 Has 3.7 %	Minas de carbón, ganadería extensiva y esporádicas parcelas de supervivencia.	Si bien son áreas de mejor aptitud que las mapeadas con erosión severa, el desarrollo agropecuario es limitado en esta zona y solamente se pueden desarrollar con planes previos de prácticas de conservación y manejo de suelos. La mayoría de estas áreas, son las de vocación forestal sin esperarse altos rendimientos. Es necesario establecer sanciones a los que explotan mal los suelos y estimular a los que cumplan las normas. En lo posible se debe evitar el estímulo de ganaderías de libre pastoreo. En zonas con escurrimiento (E), se debe utilizar los cultivos en fajas, las barreras vivas, acequias de ladera coberturas vegetales y en general todas las obras de conservación complementarias.
	Suelos de diabasas con influencia de cenizas volcánicas.	Zonas húmedas con precipitaciones mal distribuidas.	Vertientes y colinas de relieve variable y pendientes fuertes y largas.	Antrópicos Topográficos Climáticos Litológicos.	Escurrecimiento laminar y difuso, moderado con hundimientos y deslizamientos localizados.	E2S1D1 E2C1D1 E2S1 E2P1 E2C1 E2	Zona cañera y de cultivos limpios, donde la tacha muerta toma mucha importancia cuando la caja vegetal.	919 Has 2.7 %	Café, plátano y frutales y cultivos de pancoger.	Prohibir las talas y la instalación de colonos en las zonas de reserva de los Farallones. Aplicar sanciones y no estimular programas de desarrollo en estas áreas. En las zonas planas y de coluviones son los mejores suelos para el desarrollo agrícola y pecuario con prácticas sencillas de conservación y manejo de suelos.
	Diabasas con influencia de cenizas y pequeñas zonas aluviales.	Áreas normalmente húmedas con precipitaciones altas que aumentan conforme se asciende a la cordillera.	Formas variables, desde planas hasta escarpadas.	Antrópicos Climáticos Topográficos.	Soliflucción, patada de vaca y escurrimiento ligero.	S1C1E1 S1E1 P1E1D1 C1E1 E1	Corresponden a las áreas de alta presión humana a la zona de reserva del parque Farallones y también a pequeñas coluviones favorables por la poca pendiente o por los tipos de vegetación.	7410 Has 22 %	Ganadería y esporádicas parcelas de cultivos de pancoger.	Zona de reserva natural que necesita de control estricto de las actividades a desarrollar, incluyendo las turísticas.
SIN EROSION	Diabasas	Zonas húmedas a perhúmedas.	Vertientes con relieves escarpados y pendientes largas y fuertes.	Topográficos Climáticos	Sin erosión aparente.	N	Zona de intenso frío, nubosidad y baja radiación en condiciones naturales era como normal.	5060 Has 15 %	Vegetación de clima frío y páramo.	

EROSION

PROCESOS	GRADOS	SIMBOLOS	
C Esguimiento concentrado (cárcavas)	MUY SEVERO (4) 1.635 Has.	E4H4D2 E4H3D2 E4H2D2 E4C2H2	
D Deslizamientos		SEVERO (3) 8.359 Has.	C3E3H2D2 C3E3H2 C3E3D2 C3E3P1 C3E2P1 C3E2D1 C3P2D2 C3S2D2 E3C2 E3C2D1 E3C2D2 E3C2H2 E3C2H2D2 E3C2S1 E3C2P1 E3H2D2 E3H2D1 E3P2D2H1 E3P2C2 E3P2C1 E3P2H1 E3S2C2 S3C3E3 P3C3E3
E Esguimiento laminar y difuso			
H Asentamiento o hundimientos			
P Terracetas o erosión en pata de vaca			
S Soliflujión, raptación y pata de vaca			

CONVENCIONES DE COLORES

E4	Pardo	941 *
S3	Rojo carmín	924
P3	Laca escarlata	923
C3	Rojo bermellón	921
E3	Anaranjado	918
S2	Amarillo ocre	942
P2	Amarillo limón	915
C2	Arena	940
E2	Carne	939
S1	Verde pasto	909
P1	Verde olivo	911
C1	Verde pálido	913
E1	Verde esmeralda	910
N	Sin color	

MODERADO (2)
11.211 Has

LIGERO (1)
7.410 Has.

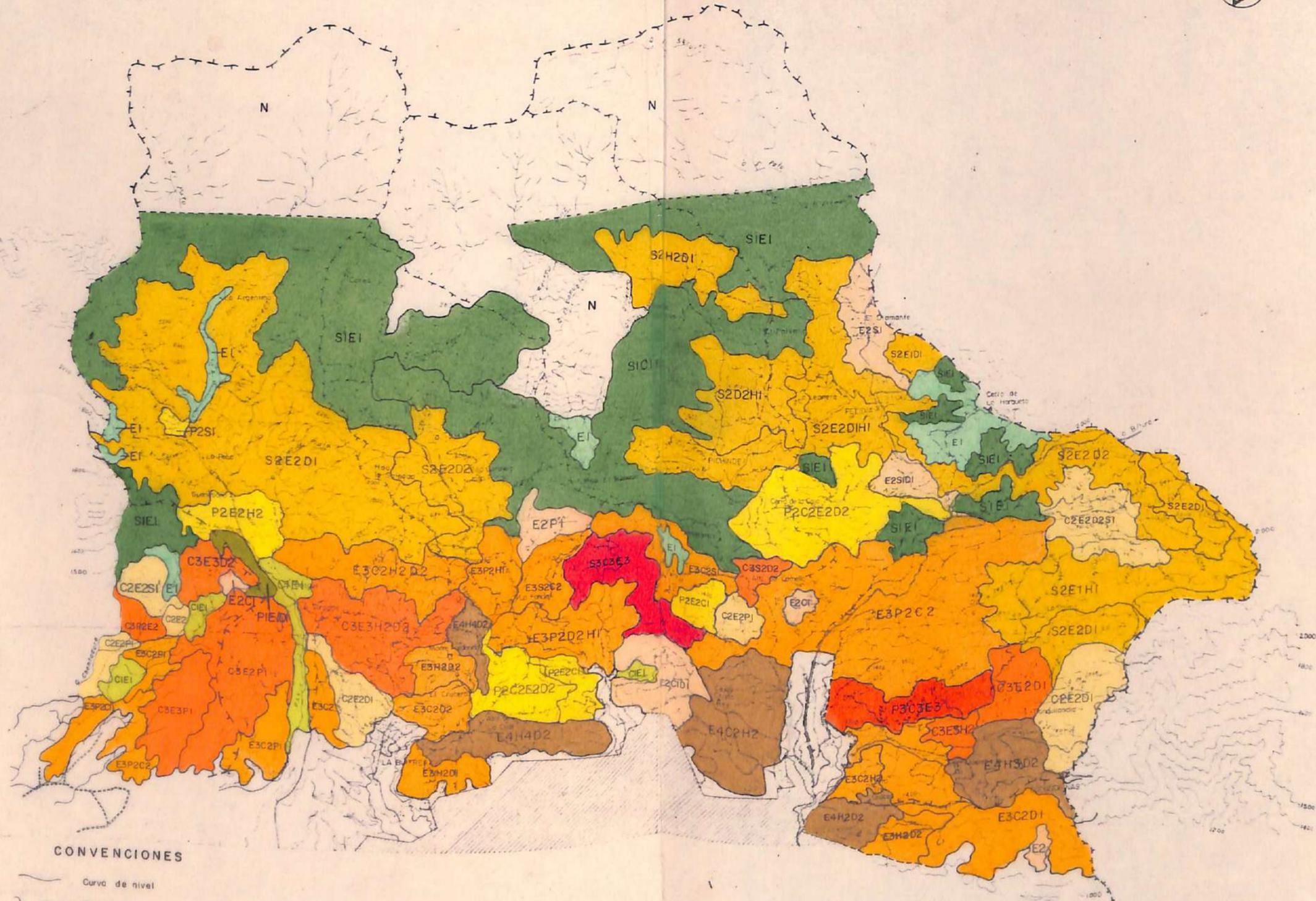
SIN EROSION
5.060 Has.

ÁREA TOTAL DEL ESTUDIO

CVC CORPORACION AUTONOMA RE
DIVISION DE ASISTENCIA TECN
**CUENCA HIDROGRAFICA
PANCE MELENDEZ CALI
ESTUDIO SEMIDETALLADO**

FECHA	PRESENTADO	APROB
X-4-84	F.M. SUAREZ	J. DE LOS RIOS

Escala 1:100.000



CONVENCIONES

- Curva de nivel
- Quebrada
- Río principal
- Limite de cuenca
- Limite subcuenca
- Carretera
- Carretable
- Sendero