REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO MINERAS
SUBDIRECCION PROYECTOS GEOLOGICOS
DIVISION DE HIDROGEOLOGIA

BIBLIOTECA

MEMORIA DEL MAPA HIDROGEOLOGICO DE COLOMBIA EDICION 1987

INFORME No. 1977

Por

ALCIDES HUGUETT GRANADOS
FRANCISCO MOSQUERA MIRANDA
CARLOS MOLANO CAJIGAS

Bogotá, abril de 1987

F-IGM 331-40 III-83

I N D I C E

		Página
1.	INTRODUCCION	1
1.1	OBJETIVO DEL MAPA	2
1.2	ANTECEDENTES	2
1.3	METODOLOGIA DEL TRABAJO	3
1.4	EQUIPO EJECUTIVO Y AGRADECIMIENTOS	5
2.	CARACTERISTICAS GENERALES DEL PAIS	7
2.1	FISIOGRAFIA	7
2.2	VEGETACION	9
2.3	SUELOS	12
2.3.1	Suelos de la Región Andina	14
2.3.2	Suelos de la Región Atlántica	14
2.3.3	Suelos de la Región Pacífica	15
2.3.4	Suelos de la Región Oriental	15
2.4	CLIMATOLOGIA	16
2.5	HIDROLOGIA	16
2.5.1	Precipitación	16
2.5.2	Hidrografía	18

F-IGM 331-40 III-83

Página

2.5.3	Escorrentía	18
2.5.4	Lagos, Embalses, Ciénagas y Pántanos	22
2.5.5	Cuantificación de los recursos de agua lluvia y superficiales	24
2.6	GEOLOGIA	25
3.	HIDROGEOLOGIA	27
3.1	LEYENDA DEL MAPA	27
3.2	PROVINCIAS HIDROGEOLOGICAS	30
3.2.1	Provincia Hidrogeológica Andina-Vertiente Atlántica	30
3.2.2	Provincia Hidrogeológica Costera-Vertiente Atlántica	34
3.2.3	Provincia Hidrogeológica Costera-Vertiente Pacífica	37
3.2.4	Provincia Hidrogeológica del Amazonas	38
3.2.5	Provincia Hidrogeológica del Orinoco	39
3.2.6	Provincia Hidrogeológica del Escudo Septentrional	39
3.3	INFORMACION DE POZOS POR DEPARTAMENTOS	40
4.	IDENTIFICACION DE AREAS SEGUN EL GRADO DE EXPLOTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS	42
4.1	AREAS CON MEJORES POSIBILIDADES	42
4.2	AREAS DONDE EXISTE INTERES POR INTENSIFICAR LA EXPLORACION	47
4.3	AREAS CON ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS	47
5.	RECOMENDACIONES	52

Página

BIBLIOGRAFIA 53

F-IGM 331-40 III-83

F I G U R A S

		Página
1.	Provincias Hidrogeológicas de Colombia	4
2.	Mapa de Relieve y pisos térmicos de Colombia	8
3.	Mapa de Vegetación de Colombia	10
4.	Mapa de Suelos de Colombia	13
5.	Mapa Climático de Colombia	17
6.	Precipitación Media Anual en Colombia	19
7.	Precipitación Media Mensual en Colombia	20
8.	Vertientes Hidrográficas de Colombia	21
9.	Caudales Medios Multianuales y Rendimiento en las Grandes Regiones Hidrográficas de Colombia	23
10.	Distribución de Pozos Seleccionados por departamentos en Colombia	41
11.	Areas con mejores posibilidades de explotación de aguas subterráneas en Colombia	43
12.	Areas donde existe interés por intensificar la exploración	48
13.	Areas con estudios hidrogeológicos en Colombia	49

T A B L A S

		Página
1.	Résumen de la Geología de Colombia	26

F IGM 331-40 III-83

RESUMEN

El Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras, INGEOMINAS elaboró en el año 1987 el Mapa Hidrogeológico de Colombia en escala 1:2'500.000 con su respectiva memoria, dentro del marco del Programa Hidrogeológico Internacional (PHI) coordinado por la UNESCO, que tiene como uno de sus objetivos la elaboración y edición del Mapa Hidrogeológico de América del Sur en escala 1:5'000.000.

El Mapa Hidrogeológico de Colombia muestra la distribución regional de las áreas potencialmente acuíferas y la calidad química de sus aguas, dando a conocer además las regiones con vacíos de información hidrogeológica.

Con base en la división por provincias, propuesta por la UNESCO para el Mapa Hidrogeológico de América del Sur, el territorio colombiano fué dividido en seis provincias hidrogeológicas haciendo parte de ellas una o varias cuencas hidrográficas y en donde se agrupan áreas con características geomorfológicas, geológicas e hidrogeológicas semejantes. Estas provincias en orden de importancia son: Andina Vertiente-Atlántica, Costera Vertiente-Atlántica, Costera Vertiente-Pacífica, Amazonas, Orinoco y Escudo Septentrional.

En el presente trabajo se cuantificó en forma aproximada, la densidad por

F IGM 331-40 III-83

pozos para aguas subterráneas existentes en cada uno de los departamentos del país, debido a que se carece de un inventario nacional de captaciones subterráneas; se delimitan las áreas con mejores posibilidades de explotación y se indican aquellas donde existe interés por intensificar la exploración, recomendando a las entidades gubernamentales continuar con la exploración regional de acuerdo con el Plan Nacional de Aguas Subterráneas presentado por el INGEOMINAS al Departamento Nacional de Planeación.

F-IGM 331-40 III-83

1. INTRODUCCION

La participación de Colombia en la elaboración del "Mapa Hidrogeológico de América del Sur", bajo el patrocinio del Programa Hidrogeológico Internacional (PHI) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), se lleva a cabo por intermedio del Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras (INGEOMINAS), organismo responsable de los estudios de agua subterránea en el país, quien elaboró el Mapa Hidrogeológico de Colombia en escala 1:2'500.000.

La Dirección de INGEOMINAS confirió a su División de Hidrogeología la responsabilidad de elaborar el Mapa Hidrogeológico de Colombia, como parte integrante del Mapa Hidrogeológico de América del Sur, siguiendo las normas establecidas en las diferentes reuniones de coordinación de los Comités Nacionales del Programa Hidrológico Internacional de América del Sur.

Desde el año 1977, fecha de publicación por parte del INGEOMINAS, del primer Mapa Hidrogeológico Nacional en escala 1:3'000.000, se ha recogido numerosa información tanto geológica como hidrogeológica, proveniente de diversos proyectos ejecutados por éste Instituto como también de otras entidades nacionales y particulares que tienen relación con el recurso hídrico.

1.1 OBJETIVO DEL MAPA HIDROGEOLOGICO

El objetivo principal es ofrecer una visión general de la distribución regional del agua subterránea en Colombia, siguiendo los lineamientos cartográficos modernos planteados en el ámbito del Programa Hidrogeológico Internacional (PHI) coordinado por la UNESCO, determinar a nivel regional las áreas potencialmente acuíferas, la calidad química del agua subterránea y conocer regiones con vacios de información hidrogeológica.

1.2 ANTECEDENTES

Como antecedente a nivel regional, se menciona el "Mapa Hidrogeológico de Colombia" en escala 1:3'000.000 publicado por INGEOMINAS en el año 1977. También se destaca el "Mapa Hidrogeológico General de Colombia" publicado en planchas a escala 1:500.000 por el Departamento Nacional de Planeación en el año de 1984, que sigue los críterios del Mapa Hidrogeológico antes mencionado.

A nivel local existen mapas hidrogeológicos más recientes en escalas 1:100.000 y 1:50.000 elaborados por INGEOMINAS, entre los que pueden mencionarse: "Mapa Hidrogeológico de Cúcuta", realizado en el año 1980, "Mapa Hidrogeológico de los Valles de Ubaté y Chiquinquirá" elaborado en 1981 y "Mapas Hidrogeológicos de los departamentos de Atlántico y Bolivar" elaborados en 1985.

También se contó con mapas en distintas escalas correspondientes a pequeñas

áreas, realizados por organismos nacionales directamente o bajo convenios internacionales.

1.3 METODOLOGIA DE TRABAJO

La publicación del Mapa Hidrogeológico se realiza en escala 1:2'500.000 con un máximo de diez unidades convencionales, acompañado de un texto explicativo en el que se destacan en forma sintética las características geológicas, hidrológicas e hidrogeológicas del país.

A la escala de esta publicación se llega por reducción y modificación de planchas hidrogeológicas preliminares en escala 1:500.000 elaboradas por INGEOMINAS para el Mapa Hidrogeológico, publicado en escala 1:3'000.000 y las planchas hidrogeológicas publicadas por el Departamento Nacional de Planeación también en escala 1:500.000.

Los principales críterios utilizados para la ejecución de esta cartografía hidrogeológica son los siguientes:

- El territorio nacional se dividió en seis provincias hidrogeológicas (Figura 1) con una leyenda que sigue los planteamientos expuestos en la Segunda Reunión de Coordinación para la elaboración del Mapa Hidrogeológico de América del Sur, efectuada en Lima Perú, en octubre de 1979.

- La discrimación de acuíferos a nivel regional se realiza teniendo en

cuenta tres factores: porosidad, conductividad hidraúlica (permeabilidad) y la calidad química del agua para el consumo humano.

- Desde el punto de vista de la porosidad, se han determinado tres grandes grupos: sedimentos y rocas con porosidad primaria de interés hidrogeológico; rocas con porosidad primaria y secundaria de interés hidrogeológico; sedimentos y rocas con porosidad primaria y secundaria sin interés hidrogeológico.

- De acuerdo con el grado de confinamiento se han diferenciado dos grandes grupos: libres, donde se incluyen los semilibres y confinados incluyendo los semiconfinados.

- La calidad química delimita tres tipos diferentes de acuíferos: de buena, regular y mala calidad, teniendo relación cada uno de ellos con el ambiente de depositación y el tipo de litología. Es importante aclarar que los sectores de buena calidad no implican potabilidad en toda su extensión.

1.4 EQUIPO EJECUTIVO Y AGRADECIMIENTOS

La compilación de la presente edición del Mapa Hidrogeológico de Colombia bajo la coordinación del Hidrogeólogo Francisco Mosquera M., estuvo a cargo del Geólogo Alcides Huguett G. y del Hidrológo Carlos Molano C.

Se agracede la colaboración del Instituto Colombiano de Hidrología, Metereología y Adecuación de Tierras, HIMAT y del Instituto Geográfico Agustin Co-

dazzi (IGAC), ya que la información básica del Capítulo 2 fue tomada de publicaciones elaboradas por estos Institutos. Al Agrólogo Ernesto García, por su colaboración en el capítulo 2 numeral 3, referente al tema de suelos.

Los autores también agradecen al Doctor Cristian Gishler de la oficina regional de Ciencias y Tecnología de la UNESCO para América Latina y del Caribe ROSTLAC y al Doctor Nelson da Franca do Angos de la División de Ciencias de Agua de la UNESCO, por sus comentarios previos a la presente publicación.

2. CARACTERISTICAS GENERALES DEL PAIS

2.1 FISIOGRAFIA

El territorio colombiano está dividido en dos sistemas fisiográficos: uno montañoso y otro de tierras planas y bajas; estos sistemas constituyen las grandes regiones naturales de Colombia como son: la Región Andina, la Llanura del Caribe, la Costa y Llanura del Pacífico, la Orinoquía y la Amazonía (Figura 2).

- Dentro de la zona montañosa, las cordilleras pertenecen al sistema de los Andes, el cual comienza al sur en los límites con el Ecuador formando un gran nudo o macizo, de donde se desprenden la cordillera Occidental y la cordillera Central. Más al norte la cordillera Central forma otro gran macizo del cual se desprende la cordillera Oriental. El sistema montañoso andino está generalmente alineado en dirección de los ejes meridianos, presentando altiplanos y cuencas intermontañosas. El sistema de las tres cordilleras andinas con los valles interandinos de los ríos Magdalena y Cauca forman la región andina.

- La Llanura del Caribe se extiende desde el Golfo de Urabá hasta la Península de la Guajira y la Serranía de los Motilones, y desde el

mar Caribe hasta las estribaciones de las Cordilleras Andinas. Esta llanura se encuentra interrumpida por la Sierra Nevada de Santa Marta que tiene la mayor altura de Colombia (5.775 m). Se presentan de igual forma otras elevaciones como son las Serranías de Abibe, Las Palomas, San Jerónimo y San Jacinto. En la zona central de la Llanura del Caribe existe una depresión en donde convergen los ríos Cesar, Cauca y San Jorge que desembocan en el río Magdalena. Esta zona está constituída por gran número de ciénagas, pantanos y canales fluviales.

- La costa y llanura pacífica se extiende desde el Golfo del Darién al norte hasta el límite con el Ecuador en el sur y desde el Oceáno Pacífico hasta las estribaciones de la cordillera Occidental. Se destacan en esta zona la Serranía del Baudó y los valles de los ríos Atrato y San Juan.

- Al oriente de los Andes se localiza la gran Llanura Oriental, conformada al norte por la Orinoquía o Llanos Orientales, y al sur por la Amazonía. Los Llanos Orientales es una llanura escalonada atravesada por grandes ríos tributarios del Orinoco. La Amazonía es una llanura de selva virgen atravesada por caudalosos ríos afluentes del Amazonas.

2.2 VEGETACION

En la Figura 3, se localizan en forma generalizada las principales zonas de vegetación presenten en el país.

En las zonas bajas de temperaturas altas y de precipitación permanente, crece una vegetación constituída por árboles de diferentes tamaños, con predominio de los altos, y de follaje siempre verde; también existe una vegetación más baja y tupida denominada sotobosque. En las regiones donde las condiciones de humedad son muy extremas, la vegetación es más exhuberante, con gran variedad de especies, tal como es la vegetación del Chocó, de la Amazonía, del valle central del río Magdalena y de las vertientes bajas y exteriores de las cordilleras.

En las zonas costeras y en áreas de aguas salobres se localizan los manglares, que se encuentran principalmente en el litoral del Pacífico, el Golfo de Urabá y la Ciénaga Grande de Santa Marta.

En las regiones de clima semihúmedo como las llanuras del Caribe y los Llanos Orientales, donde existe un período húmedo y otro seco, la vegetación es herbácea (denominada de Sabana) formada principalmente por pastos y árboles de poca altura. Además de las Sabanas existen en los Llanos Orientales otros tipos de vegetación denominados bosque de galería, que crecen a lo largo de los ríos.

En las llanuras y lugares secos como son el litoral del Caribe desde el Golfo de Morrosquillo hasta la Guajira, en las cuencas de los ríos Chicamocha (Boyacá y Santander), Dagua (Valle) y en algunas zonas de la cuenca del río Magdalena, se presenta una vegetación de árboles y arbustos pequeños, gramíneas y varias especies de leguminosas adaptadas a la sequedad y allí crecen también matorrales denominados cardonales. En la zona media y alta de

la peninsula de la Guajira la vegetación es cada vez más escasa y en muchas partes llega a ser de tipo desértico.

En las cordilleras Occidental y Central, en los climas templado y frío húmedo se localiza el bosque subandino con una gran variedad de especies. Buena parte de esta vegetación natural ha sido reemplazada por campos de cultivo, potreros y bosque de sombrío de café.

En las zonas montañosas de elevaciones entre los 2.400 y 3.600 m.s.n.m. con alta precipitación, se encuentra una vegetación con numerosas especies maderables.

En las zonas de páramo, la flora está constituída por plantas adaptadas a bajas temperaturas y altas precipitaciones; se destacan el frailejón, los arbustos achaparrados y las gramíneas.

2.3 SUELOS

Los suelos en general, son cuerpos naturales desarrollados a partir de materiales rocosos y orgánicos bajo condiciones diversas de clima y con la influencia del relieve y de los seres vivos, factores éstos interactuantes y cambiantes en el transcurso del tiempo geológico y cuyas características e importancia son concomitantes con los ambientes de las distintas regiones naturales de Colombia (Figura 4).

2.3.1 Suelos de la Región Andina

Presentan la mayor complejidad, pues mientras en las cordilleras Occidental y Central son más frecuentes los suelos derivados de cenizas volcánicas o ANDEPTS ("1" en el Mapa) que comprenden la zona cafetera, en la Oriental dominan suelos tropicales moderadamente evolucionados o TROPEPTS, asociados a otros apenas incipientes de fuertes laderas y roca aflorante u ORTHENTS líticos ("2" en el Mapa). Todos los anteriores suelos alternan en los páramos ("3" en el Mapa).

- Subregión de valles y altiplanicies.- Mención especial se hace de estas áreas ("4" en el Mapa) por involucrar los mejores suelos del país, particularmente en la Sabana de Bogotá con TROPEPTS de génesis fluvio-lacustre y en el Valle del Cauca con VERTISOLES, esto es, suelos de una gran dinámica atribuída a arcillas oscuras expansibles.

2.3.2 Suelos de la Región Atlántica

De origen fluvio-marino-lacustre, algunos como los FLUVENTS (típicos aluviales), TROPEPTS y UDOLLS (suelos con horizonte superficial de cualidades especiales), poseen un buen drenaje y una excelente productividad y otros como los AQUENTS y AQUEPTS ("5" en el Mapa) son suelos jóvenes seriamente degradados por condiciones de humedad, lo que les confiere una vocación actual pecuaria.

2.3.3 Suelos de la Región Pacífica

Señalada como una de las zonas de mayor pluviosidad en el globo, exhibe unos suelos pobres, lixiviados, los OXISOLES, aptos solo para uso forestal, ("6A" en el Mapa) aunque ocurren mejores suelos en los valles de los grandes ríos.

2.3.4 Suelos de la Región Oriental

Comprenden las más grandes llanuras del territorio nacional cuya baja fertilidad restringe su utilización hacia ganadería y bosques básicamente.

- Subregión de la Orinoquía.- Se divide en dos sectores: la Sabana mal drenada con predominio de suelos AQUEPTS ("7" en el Mapa) y la altillanura con OXISOLES lavados por escurrimiento y erosionados por el viento ("8" en el Mapa).

- Subregión de la Amazonía.- Se diferencia de la Orinoquía por un volúmen notablemente más alto de precipitación que induce, además de OXISOLES, a la formación de ULTISOLES, suelos de avanzado grado de evolución que en el trópico se presentan como lateritas, latosoles, etc. ("6B" en el Mapa).

Como complemento a lo expuesto sobre los suelos del país, vale la pena mencionar la existencia de dos tipos de áreas: una de climas áridos y semiáridos con suelos desérticos o ARIDISOLES ("9" en el Mapa) y otra de piedemon-

te bordeando la Cordillera Oriental ("10" en el Mapa) con TROPEPTS, suelos de propiedades superiores a los del resto de las grandes llanuras orientales.

2.4 CLIMATOLOGIA

El clima de Colombia está determinado por la posición del país en la zona intertropical o de bajas latitudes, por la altura y la orientación del relieve, por la influencia de los mares, la extensión del territorio y por los vientos locales. La posición del país en la zona tropical hace que en las partes bajas se presenten temperaturas altas y uniformes durante todo el año. El sistema montañoso hace que la temperatura descienda hasta valores menores de 0°C. Este fenómeno se puede apreciar en el mapa de pisos térmicos (Figura 2).

La variabilidad de la lluvia y los diversos factores fisiográficos dan una diversidad de climas en el territorio colombiano, (Figura 5) desde zonas semiáridas con temperaturas por encima de los 26° C y escasa precipitación, hasta zonas húmedas con temperaturas bajas y precipitaciones por encima de los 3000 mm año.

2.5 HIDROLOGIA

2.5.1 Precipitación

El regimen de precipitaciones en el territorio colombiano se puede observar

en los mapas de las Figuras 6 y 7. Este regimen es muy variado observándose en la Guajira, al norte del país, promedios anuales menores de 500 mm y en algunos sitios del Chocó, al occidente del país valores superiores a los 8000 mm anuales. Al norte de la línea ecuatorial el período de lluvias es, en general, de abril a noviembre, con dos máximos en mayo-junio y octubre-noviembre. Entre diciembre y marzo se observa un período seco con lluvias esporádicas en algunas regiones. Al sur de la línea ecuatorial el régimen de lluvias es diferente al descrito anteriormente ya que tiene lluvias intensas al final de cada año y períodos secos entre ambos períodos lluviosos.

2.5.2 Hidrografía

La orientación sur-norte que presentan las tres grandes cordilleras colombianas, determina el encausamiento en la misma dirección de las principales corrientes superficiales como son el río Magdalena entre las cordilleras Central y Oriental, el río Cauca entre las cordilleras Central y Occidental, y el río Atrato entre la cordillera Occidental y las Serranías de Baudó y Darién. La red hidrográfica de Colombia con sus vertientes se presenta en la Figura 8.

En la Llanura Oriental, el sistema hidrográfico tiene una orientación E-W donde sus principales ríos son el Amazonas, Putumayo, Caquetá, Apaporis, Vaupés, Orinoco, Guaviare, Vichada, Meta, Ariporo, Casanare y Arauca.

2.5.3 Escorrentía

Las diversas geoformas existentes, originan una red de drenaje muy densa,

debido a la alta precipitación sobre la mayor parte del territorio; de ahí que Colombia sea uno de los países con mayor abundancia de recursos de agua superficial. La escorrentía está repartida en cuatro grandes regiones hidrográficas como son: la región hidrográfica del Caribe, la del Pacífico, la de la Orinoquía y la de la Amazonía (Figura 9).

Los rendimientos anuales de estas 4 regiones hidrográficas son aproximadamente los siguientes: 15.450 m^3/seg en la región del Caribe; 6.900 m^3/seg en la región del Pacífico; 21.400 m^3/seg en la región de la Orinoquía y 22.200 m^3/seg en la región Amazónica.

2.5.4 Lagos, Embalses, Ciénagas y Pantanos

En el país existen aproximadamente 1.640 lagos y embalses, ocupando un área de 1.050 km^2 y un volumen total de 18.351 millones de metros cúbicos aproximadamente.

Fuera de los lagos y embalses existen en el país importantes ciénagas y otros cuerpos de agua que ocupan un área de 6.075 km^2 con un almacenamiento total de unos 156.961 millones de metros cúbicos.

Las zonas de pantanos están caracterizados por contener aguas estancadas y alta saturación de humedad del suelo. Estas ocupan un área aproximada de 1'967.988 hectáreas; su volumen de agua almacenada no ha sido aún determinado.

En resumen, el área total ocupada por los cuerpos de agua en Colombia es de 2'680.204 hectáreas, o sea un 2,35% del área total continental de Colombia. El almacenamiento total es de 175.313 millones de metros cúbicos aproximadamente, sin incluir el agua almacenada en los pantanos.

2.5.5 Cuantificación de los Recursos de Aguas Lluvias y Superficiales

La gran riqueza hídrica superficial de Colombia hace que el país ocupe el cuarto lugar después de la Unión Soviética, Canadá y Brasil en disponibilidad de agua superficial.

La distribución de la precipitación en Colombia registra lluvias superiores a 1.800 mm en un 88% del área total. El promedio anual es cercano a los 3.000 mm. Esta precipitación media anual supera en cerca de 2 veces la de América del Sur (1.600 mm) y en 3 veces el promedio mundial (900 mm).

La evaporación media anual en el territorio colombiano es de 1.150 mm.

Con los datos anteriores, considerando el área continental de Colombia de aproximadamente 1'141.748 km^2, se obtienen los siguientes volúmenes:

Volumen total anual precipitados	:	3.425 km^3
Volumen total evaporado	:	1.313 km^3
Volumen total disponible para escorrentía superficial	:	2.112 km^3

Escorrentía superficial total	:	66.971 m^3
Rendimiento promedio	:	59 $l/s/km^2$

2.6 GEOLOGIA

El Mapa Geológico de Colombia en escala 1:1'500.000 elaborado por INGEOMINAS y que se encuentra en su etapa final de publicación, sirvió de base fundamentalmente para la estructuración del Mapa Hidrogeológico, en consideración a que en la mayor parte del área del territorio colombiano no existen estudios hidrogeológicos aplicados.

Las condiciones geológicas generales del país se resumen en la Tabla 1, en la que se sintetizan los principales rasgos litológicos y ambientales de los grupos o formaciones de roca existentes.

Teniendo en cuenta los planteamientos anteriores y relacionándolos con criterios tanto geomorfológicos, hidrológicos como hidrogeológicos, en el presente trabajo se plantean seis provincias hidrogeológicas que se describen en el siguiente capítulo.

3. HIDROGEOLOGIA

3.1 LEYENDA DEL MAPA HIDROGEOLOGICO

Con el fin de sintetizar los conocimientos que sobre la distribución de agua subterránea hay en el país, se elaboró el Mapa Hidrogeológico de Colombia en escala 1:2'500.000 sectorizándose el país en seis provincias hidrogeológicas (Figura 1). Estas provincias son: Andina-Vertiente Atlántica, Costera-Vertiente Atlántica, Costera-Vertiente Pacífica, Amazonas, Orinoco y Escudo Septentrional.

La definición de cada provincia se hizo agrupando áreas con características geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas semejantes. De estas provincias hacen parte una o varias cuencas hidrográficas y sus límites son en general límites hidrogeológicos; sin embargo algunos de ellos obedecen a líneas inferidas para el propósito del presente estudio.

Con base en las características litológicas de las diversas formaciones geológicas del país, su tipo de porosidad y grado de permeabilidad, se ha dividido la leyenda del mapa en tres categorías hidrogeológicas que a continuación se describen:

- Sedimentos y rocas con porosidad primaria de interés hidrogeológico.

Esta categoría está representada por materiales cuaternarios depositados en todo tipo de ambiente continental, por materiales piroclásticos cuaternarios en regiones próximas a volcanes y por rocas sedimentarias de ambiente continental y transicional depositadas en diversas épocas del Terciario.

Dentro de esta categoría se agrupan lo sedimentos no consolidados y las rocas sedimentarias poco cementadas, con permeabilidad alta a moderada y buena porosidad efectiva, ellos desarrollan acuíferos continuos de extensión regional que tienen agua generalmente de buena calidad química y se distinguen en el mapa con las siglas Qc y Tc respectivamente. En los sedimentos con permeabilidad moderada a baja se encuentran acuíferos locales de extensión variable con agua de buena calidad, con excepción de los sedimentos de la región costera donde es salobre.

Acuíferos locales de extensión variable también se encuentran en esta categoría, en rocas sedimentarias poco cementadas (Te) y en rocas sedimentarias no cementadas de granulometría fina y baja permeabilidad, con agua de buena calidad química (Tc_l y Te_l).

- Rocas con porosidad primaria y secundaria de interés hidrogeológico

En esta categoría se incluyen las rocas sedimentarias bien cementadas de ambiente marino y continental, depositadas desde finales del Jurásico hasta principios del Terciario, y las rocas metamórficas del Paleozoico con aporte

volcánico; este último conjunto de rocas se caracteriza por tener porosidad secundaria, principalmente por fracturamiento y disolución.

Las rocas sedimentarias de ambiente transicional depositadas durante el Cretáceo Inferior y Superior con permeabilidad alta a moderada (K_1) contienen acuíferos de extensión regional con aguas generalmente de buena calidad química, mientras que las depositadas durante el Cretáceo Medio con permeabilidad moderada a baja y constituídas primordialmente por rocas calcáreas (K_2) desarrollan acuíferos locales de extensión variable con agua de regular calidad química.

Las rocas volcánicas piroclásticas (Qpri), las rocas sedimentarias terciarias de ambiente marino (To) y las rocas sedimentarias y volcánicas de ambiente continental y marino depositadas en el Triásico, a finales del Jurásico y comienzos del Cretáceo con baja permeabilidad ((R, JKso, Kso) contienen acuíferos locales con aguas de regular calidad química. Aguas termales de mala calidad química se presentan en las metamórfitas del Paleozoico que circundan los focos volcánicos (PZMv).

- Sedimentos y rocas con porosidad primaria y secundaria sin interés hidrogeológico

Dentro de esta categoría se han agrupado los sedimentos y rocas consideradas por su litología como impermeables, diferenciándose tres regiones. La primera compuesta por depósitos cuaternarios arcillosos o de playa saturados con agua salada (Oc_2). La segunda región está compuesta por rocas sedi-

mentarias de tipo arcilloso, o arenoso altamente cementado, depositadas desde el Paleozoico hasta el Precámbrico, en diferentes ambientes. La última región está constituída por rocas volcánicas piroclásticas, muy compactas, de edad Terciaria, por plutonitas de edad Terciaria hasta el Precámbrico y por las rocas metamórficas cretácicas, paleozoicas y precámbricas con o sin aporte volcánico (Tpr, Tp, Tv, Kprb, Kv, Km, JKvi, Jspi, TRPa, Pz, PZM, PE, PEv y PEM).

3.2 PROVINCIAS HIDROGEOLOGICAS

De acuerdo a la división por provincias propuesta por la UNESCO para el Mapa Hidrogeológico de Sur América, el territorio colombiano fue dividido en seis provincias hidrogeológicas que en orden de importancia son: Andina-Vertiente Atlántica, Costera-Vertiente Atlántica, Amazonas, Costera-Vertiente Pacífica, Orinoco y Escudo Septentrional.

3.2.1 Provincia Hidrogeológica Andina-Vertiente Atlántica

Esta provincia comprende el sistema montañoso centro occidental del país, conformado por las cordilleras Occidental, Central y Oriental y ocupa desde la región entre los límites con el Ecuador en el sur, hasta las estribaciones meridionales de la Serranía de Perijá en el norte, con un área aproximada de 297.802 km^2.

En esta provincia se presenta una gran variedad litológica consistente en sedimentos y rocas que van desde el Precámbrico hasta el Reciente. Estos

sedimentos y rocas se presentan desde impermeables hasta de permeabilidad alta, siendo los valles y las mesetas los grandes centros de almacenamiento de agua tanto superficial como subterránea.

La provincia hidrogeológica Andina-Vertiente Atlántica, está constituída hacia su extremo occidental fundamentalmente por rocas ígneas ácidas y metamórficas del Precámbrico y Paleozoico y por rocas volcánicas básicas del Cretáceo. Hacia la parte central y oriental existen rocas sedimentarias marinas, cretáceas y terciarias y rocas continentales terciarias. En menor proporción aparecen sedimentos del cuaternario.

Sedimentos con permeabilidad alta a moderada se encuentran en el valle del río Cauca, constituído por un relleno aluvial, de material grueso (Qc) conformando acuíferos de extensión regional, de tipo libre y confinado con agua de buena calidad química, proveniente principalmente de la fuerte precipitación y de la conexión hidraúlica con la escorrentía superficial. La transmisividad promedio es de 1.000 m^2/día, con una producción aproximada por pozo de 120 1/s y una capacidad específica que varía entre 2 y 12 1/s/m, siendo el agua en su mayor parte utilizada para riego.

El valle del río Magdalena y la Sabana de Bogotá están conformados por sedimentos limo-arenosos con permeabilidad baja, donde se desarrollan acuíferos locales de extensión variable con agua de buena a regular calidad química, utilizada principalmente para irrigación y el consumo humano. En el valle del Magdalena la transmisividad varía entre 40 y 140 m^2/día con una producción entre 5 y 10 1/s y capacidad específica de 0,3 1/s/m.

Hacia la parte montañosa las rocas aptas para la acumulación de agua subterránea son aquellas de edad terciaria y cretácea, constituídas por las formaciones sedimentarias de las cordilleras Central y Oriental. Los acuíferos en general son de tipo confinado.

En la zona del Valle Medio del Magdalena, las rocas terciarias de ambiente continental compuestas por conglomerados, areniscas, arcillolitas y tobas (Tc), con permeabilidad alta a moderada y porosidad primaria, constituyen buenos acuíferos de extensión regional, con agua de calidad química generalmente buena y transmisividades del orden de 200 m^2/día, con una producción por pozo entre 8 y 10 l/s, utilizándose el agua en su mayor parte para el consumo humano. En la región del río Patía al sur-occidente del país, la litología reportada para esos depósitos continentales, hace pensar en la presencia de buenos acuíferos.

Hacia el núcleo de la cordillera Oriental se encuentran formaciones Cretáceas y Terciarias de origen transicional y continental (K_1, Tc_1) conformadas por rocas cementadas y poco cementadas (areniscas, limolitas, calizas y shales) con porosidad primaria y secundaria por fracturamiento, que origina acuíferos con agua de buena calidad química. En los alrededores de la Sabana de Bogotá los pozos que captan las formaciones cretáceas producen entre 20 y 100 l/s y las transmisividades son del orden de 60 a 600 m^2/día y una capacidad específica de 1 a 3 l/s/m, mientras que los pozos que captan las formaciones terciarias producen hasta 5 l/s y la transmisividad promedio es de 2 m^2/día, con capacidades específicas de 0.3 l/s/m. En esta zona el agua es utilizada principalmente para el consumo humano e irrigación.

Hacia el norte de la Sabana de Bogotá en los departamentos de Boyacá y Santander, los acuíferos en las formaciones cretáceas producen caudales hasta de 40 l/s y la transmisividad promedio es de 50 m^2/día.

Hacia los bordes del núcleo de la cordillera Oriental se presentan formaciones calcáreas (K_2), predominantemente shales negros, calizas y areniscas donde la porosidad es secundaria por fracturamiento y disolución, desarrollándose acuíferos locales con permeabilidad moderada a baja de regular calidad química, generalmente dura. El conocimiento de estos acuíferos está restringido al carácter litológico y al tectonismo, ya que allí no se han realizado estudios hidrogeológicos.

Rocas terciarias de tipo arenoso y origen continental y transicional (Tc), porosidad primaria y permeabilidad alta a moderada, se encuentran en la cordillera Oriental hacia el piedemonte llanero y hacia el río Magdalena.

En el sector de la ciudad de Cúcuta al nororiente del país, los parámetros hidraúlicos de los pozos contruídos en estas rocas, indican producciones de 20 l/s y transmisividades de 350 m^2/día aproximadamente, utilizándose el agua para el consumo humano.

Sobre el flanco oriental de la cordillera Central, principalmente hacia la parte sur y en el valle del río Magdalena, se presentan extensos depósitos piroclásticos de edad cuaternario (Qpri) con porosidad primaria, que conforman acuíferos locales en general de tipo libre con aguas de regular calidad química, utilizada primordialmente para irrigación. Los pozos perfo-

rados en estos depósitos indican una producción promedio de 6 l/s y una capacidad específica de 0.7 l/s/m.

A pesar de que en esta provincia hidrogeológica el porcentaje de rocas impermeables es cercano al 60%, teniendo en cuenta su alto grado de tectonismo, no se descarta la posibilidad que aquí existan acuíferos con porosidad secundaria por fracturamiento, de bajo a mediano caudal (R y Kso).

3.2.2 Provincia Hidrogeológica Costera-Vertiente Atlántica

Comprende la región costera del mar Caribe, desde las fronteras con Panamá al suroccidente hasta la península de la Guajira al norte, teniendo como límite occidental la Serranía de Perijá y como límite meridional las estribaciones del sistema cordillerano andino. Tiene un área aproximada a los 126.925 km^2.

La provincia Costera-Vertiente Atlántica, está constituída en mayor proporción por rocas sedimentarias de edad Terciaria de ambiente marino y por rocas ígneas y metamórficas que hace parte del núcleo de la Sierra Nevada de Santa Marta y de los altos topográficos en la península de la Guajira.

Los sectores permeables de esta provincia se encuentran en sedimentos cuaternarios de origen continental y transicional y en rocas terciarias de ambiente marino. La recarga de los acuíferos tiene su origen en la moderada a baja precipitación y en menor proporción a partir de cuerpos de aguas superficiales.

El valle del río Cesar, el piedemonte suroccidental y nororiental de la Sierra Nevada de Santa Marta y la parte baja del río Atrato, están cubiertos por sedimentos de origen continental con permeabilidad alta a moderada (Qc) donde existen acuíferos continuos de extensión regional, en general de tipo libre, con agua de calidad química buena, utilizada para el riego y el consumo humano. En el valle del río Cesar y el piedemonte de la Sierra Nevada, la transmisividad promedio es de 700 m^2/día y los caudales oscilan entre 30 y 50 1/s con una capacidad específica promedio de 4 1/s/m. En la parte baja del valle del río Atrato, los pozos allí construídos producen entre 10 y 50 1/s con una capacidad específica entre 0.5 y 1 1/s/m.

El valle del río Sinú, el delta del río Magdalena y la parte media y baja de la península de la Guajira, están constituídos principalmente por sedimentos arenosos de granulometría media a fina y origen marino a transicional, con permeabilidad moderada a baja (Qc_1), donde se presentan acuíferos de tipo libre y confinado con agua de regular calidad química, en general salobre, utilizada para el consumo humano.

En el valle del río Sinú y en el delta del río Magdalena existen pozos con caudales máximos de 2 1/s y capacidades específicas promedio de 0.3 1/s/m, mientras que en la parte media y baja de la Guajira el caudal promedio es de 1 1/s con capacidad específica entre 0.01 y 1.5 1/s/m.

Entre los departamentos de Córdoba y Sucre existen formaciones terciarias arenosas de ambiente continental y transicional, con acuíferos de extensión regional y agua de buena calidad utilizada para el consumo humano, donde la

producción por pozo está entre 10 y 70 l/s con transmisividades de 100 a 400 m^2/día.

Rocas sedimentarias con permeabilidad moderada a baja y porosidad primaria, correspondientes a formaciones terciarias de ambiente transicional, (Te) desarrollan acuíferos locales de extensión variable con agua de regular calidad química, utilizada en su mayor parte para el consumo humano. Estos acuíferos aparecen hacia la parte media del departamento del Atlántico, entre el delta del río Magdalena, el piedemonte de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Media y Baja Guajira. En el sector del Atlántico, las transmisividades varían de 80 a 200 m^2/día con caudales de explotación entre 5 y 25 l/s. En la región de la Media Guajira este tipo de roca aparece debajo de los sedimentos cuaternarios, conformando acuíferos confinados. Los parámetros hidraúlicos indican producciones hasta de 50 l/s con capacidades específicas del orden de los 0.7 a 4 l/s/m y transmisividades promedio de 600 m^2/día.

Los pozos existentes entre el delta del río Magdalena y el piedemonte de la Sierra Nevada de Santa Marta, producen entre 10 y 15 l/s y la transmisividad promedio es de 50 m^2/día. En este sector el agua subterránea es utilizada en su mayor parte para el regadío.

Formaciones terciarias de ambiente marino profundo, constituídas por rocas sedimentarias principalmente turbidíticas cementadas, con porosidad primaria y secundaria y permeabilidad baja (To) originan acuíferos locales de tipo confinado, con agua de regular calidad química, en general salobre.

Estos acuíferos en la zona-occidental del departamento del Atlántico y norte de Bolívar tienen transmisividades promedio de 10 m^2/día y caudales de explotación entre 1 y 5 1/s con capacidades específicas promedio de 0.05 1/s/m.

Los sectores impermeables corresponden en general a rocas palozoicas y precámbricas, que hacen parte topográficamente de los sitios más altos de la provincia.

3.2.3 Provincia Hidrogeológica Costera-Vertiente Pacífica

Comprende la costa pacífica colombiana y se desarrolla desde los límites con Panamá en el norte, hasta los límites internaciones con el Ecuador en el sur, teniendo como margen oriental las estribaciones de la cordillera Occidental. Tiene un área de 82.688 km^2 que carece de estudios hidrogeológicos.

La provincia Costera-Vertiente Pacífica está conformada por rocas volcánicas básicas del Terciario y primordialmente por rocas sedimentarias marinas de fosa profunda a somera del Terciario y sedimentos fluviales y transicionales del Cuaternario.

En la región de Tumaco, hacia el sur de la provincia, la explotación del agua subterránea se realiza mediante aljibes, con agua de regular calidad química extraída de depósitos de playa de muy poco espesor y baja permeabilidad (Qc_1). *Se puede inferir, teniendo en cuenta la altísima precipitación*

sobre esta provincia, que las formaciones terciarias (To) y los sedimentos cuaternarios (Qc), presentan buenas posibilidades acuíferas.

3.2.4 Provincia Hidrogeológica del Amazonas

Cubre la parte suroriental del país con una extensión de 265.780 km^2 teniendo como límites, al sur la frontera peruano-ecuatoriana, al norte los ríos Guaviare e Inírida, al oeste las estribaciones de la cordillera Oriental, al este la separa de los límites con el Brasil, la provincia hidrogeológica del Escudo Septentrional.

La provincia hidrogeológica del Amazonas está representada en menor proporción por rocas metasedimentarias y volcánicas ácidas del Precámbrico y sedimentarias consolidadas del Paleozoico y en menor magnitud por rocas sedimentarias terciarias de ambiente continental y por depósitos fluviátiles y eólicos del Cuaternario.

Aún cuando no existe información hidrogeológica sobre esta provincia, con base en el tipo de roca existente y la alta precipitación del área, se puede inferir que las condiciones hidrogeológicas responden a acuíferos locales de extensión variable de tipo libre y confinado, desarrollados en rocas sedimentarias de ambiente continental, poco cementadas, con porosidad primaria y permeabilidad baja (Tc_1 y Te_1). Es muy probable que el agua subterránea sea de regular calidad química, debido a la presencia de hierro ferruginoso hacia la parte superior de estas formaciones.

También existen depósitos cuaternarios supeditados a las márgenes de los grandes ríos, constituídos por sedimentos limo-arcillosos, arenas y gravas (Qc_1), capaces de almacenar cantidades apreciables de agua subterránea de fácil captación.

3.2.5 Provincia Hidrogeológica del Orinoco

Corresponde a los denominados Llanos Orientales de Colombia y tiene una extensión de 241.678 km^2. Está limitada al norte por la frontera venezolana, al sur por los ríos Guaviare e Inirída, al oeste por el piedemonte de la cordillera Oriental y de igual forma que la anterior, al este está separada de la frontera venezolana por la provincia del Escudo Septentrional.

La provincia del Orinoco en su mayor parte se compone de sedimentos fluviátiles y eólicos del Cuaternario y en menor proporción por rocas cretáceas y terciarias hacia la Serranía de la Macarena.

No existen aquí estudios hidrogeológicos, conociéndose únicamente que la explotación del agua subterránea se ejecuta a través de aljibes de poca profundidad, que captan horizontes acuíferos de tipo libre en depósitos eólicos (loess).

3.2.6 Provincia Hidrogeológica del Escudo Septentrional

La provincia hidrogeológica del Escudo Septentrional está constituída por rocas ígneas, meta-ígneas y sedimentarias muy consolidadas del Precámbrico.

A pesar de que no existen estudios hidrogeológicos en esta área del país que cubre una extensión de 126.875 km^2, por el tipo de litología presente se infiere que la acumulación de agua subterránea es muy mala y por lo tanto las posibilidades acuíferas son remotas.

3.3 INFORMACION DE POZOS POR DEPARTAMENTOS

En la Figura 10 se observa la densidad de pozos que hay en cada uno de los departamentos en Colombia. La falta de un inventario nacional de captaciones subterráneas hace posible una mejor aproximación en cuanto al número de pozos, planteándose en este informe cuatro intervalos amplios de acuerdo a los conocimientos existentes a nivel regional.

4. IDENTIFICACION DE AREAS SEGUN EL GRADO DE EXPLOTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS

4.1 AREAS CON MEJORES POSIBILIDADES

En consideración al tipo de roca presente, a la geomorfología, a la hidrología, a los conocimientos hidrogeológicos regionales y teniendo en cuenta los asentamientos humanos, en la Figura 11 se ubican las áreas con mejores posibilidades de explotación de aguas subterráneas. A continuación se describen brevemente las características hidrogeológicas de cada una de estas áreas.

En el área de la Media y Baja Guajira se encuentran dos tipos de acuífero, uno confinado compuesto por areniscas terciarias de origen marino y otro libre a semiconfinado sobre el anterior, constituído por areniscas y arenas del Terciario-Cuaternario. Los pozos construídos en el primer acuífero tienen una profundidad promedio de 240 m con el nivel piezométrico comprendido entre 8 m sobre la superficie del terreno y 0.25 m de profundidad del mismo, caudales de explotación de 30 a 90 l/s y capacidad específica de aproximadamente 2 l/s/m. El agua es de tipo clorurada sódica, salobre, con un contenido de cloruro de 450 ppm. Los pozos que captan el acuífero superficial tienen una profundidad máxima de 55 m y su nivel estático promedio está en 25 m; producen entre 4 y 8 l/s con una capacidad específica de 0.6 l/s/m. El

agua de este acuífero es también clorurada sódica, salobre, pero el contenido de cloruros aumenta hasta 600 ppm.

En el área del valle del río Cesar, existe un acuífero libre y confinado en algunos sectores, compuesto por un relleno aluvial cuaternario que tiene un espesor entre 40 y 120 m, oscilando el nivel del agua entre 2.0 sobre la superficie del terreno a 6 m de profundidad. La producción de los pozos varía de 10 a 50 l/s y tienen una capacidad específica de 0.4 a 0.8 l/s/m. El agua es de tipo sódica-cálcica, dulce y moderadamente dura.

La región Ovejas-Corozal presenta un sistema de acuíferos multicapas de carácter semiconfinado a libre, compuesto por conglomerado, arenisca y arcillolita del terciario, en donde la profundidad de los pozos va de 60 a 250 m con niveles estáticos de 0.0 a 15 m y caudales de producción de 15 a 110 l/s. La capacidad específica de estos pozos es de 0.5 a 3 l/s siendo el agua dulce de tipo bicarbonatada cálcica, blanda.

En el valle del Bajo Magdalena existe un acuífero semiconfinado constituído por depósitos cuaternarios de origen aluvial. Los pozos tienen profundidades de 60 a 135 m con el nivel estático entre 5 y 8 m. La producción es de 5 a 15 l/s siendo el agua bicarbonatada cálcica a bicarbonatada-cálcica-sódica.

En la región de Cúcuta, al nororiente del país, los acuíferos que allí se encuentran son de tipo libre y confinado, constituídos por terrazas y aluviones cuaternarios de origen fluvio-deltáico. El espesor varía de 40 a 250

m con un nivel del agua entre 3.0 sobre la superficie y 10 m de profundidad. Los caudales de producción van de 10 a 45 l/s y capacidades específicas promedio de 0.6 l/s/m; el agua es bicarbonatada cálcica, dura.

En el valle del Bajo Atrato existe un acuífero libre conformado por aluviones cuaternarios donde los pozos tienen una profundidad de 40 a 100 m. El nivel estático se halla a los 10 m de profundidad y la producción es de 10 a 50 l/s con capacidad específica promedio de 1 l/s/m, desconociéndose la calidad química del agua subterránea.

En el área de la Sabana de Bogotá se explotan dos acuíferos, el primero constituído por gravas, arenas y limos del cuaternario presentes en capas discontinuas y el segundo debajo del anterior, compuesto por areniscas fracturadas del cretáceo. El acuífero cuaternario es de tipo libre a semiconfinado y los pozos allí construídos tienen profundidades de 50 a 450 m con niveles estáticos que varían de 15 a 30 m de profundidad. Sus caudales de producción van de 0.5 a 25 l/s con una capacidad específica promedio de 0.5 l/s/m; el agua es bicarbonatada sódica, dura. El acuífero cretáceo es confinado y los pozos que lo captan tienen profundidades que fluctúan de 100 a 500 m, hallándose el nivel piezométrico entre 0.5 y 50 m de profundidad. Estos pozos producen de 10 a 100 l/s y tienen una capacidad específica promedio de 1 l/s/m, siendo el agua bicarbonatada cálcica, dura.

En el área de piedemonte Llanero, los estudio geológicos y geoeléctricos allí realizados, indican la presencia de acuíferos de tabla de agua a confinados, constituídos por una serie de terrazas escalonadas y conos de de-

yección del cuaternario cuyo espesor varía de 40 a 120 m. Los niveles estáticos se encuentran aproximadamente desde 0.50 m sobre la superficie hasta 10 m de profundidad y la producción promedio de los pozos es de 15 l/s.

En la región Neiva-Ibagué aparece un sistema acuífero semilibre en algunos lugares y semiconfinado en otros, conformado por un relleno aluvial cuaternario y un conglomerado y arenisca del terciario. Los pozos perforados en estos acuíferos tienen profundidades entre 70 y 110 m con niveles estáticos de 20 a 38 m y una producción que oscila entre 15 y 35 l/s. El agua es de tipo bicarbonatada cálcica, moderadamente dura.

En el valle del río Cauca, se encuentran acuíferos semiconfinados y confinados cuaternarios conformados por un relleno aluvial y acuíferos del terciario confinados, constituídos por arenisca y conglomerado. Los pozos con una profundidad hasta de 200 m, es decir, con la totalidad del relleno aluvial, presentan rendimientos que fluctúan entre 30 y 130 l/s con una capacidad específica promedio de 8 l/s/m. Los pozos perforados directamente en las formaciones terciarias tienen una profundidad promedio de 100 m, rendimientos de 40 l/s y capacidad específica de 1 l/s/m. En general toda el agua subterránea del valle del río Cauca es dulce, bicarbonatada cálcico-magnésica y moderadamente dura.

Por último, en la región del valle del río Patía sólo se conoce de un acuífero cuaternario, libre, constituído por un relleno aluvial de aproximadamente 80 m de espesor con un nivel estático que fluctúa entre 6 y 10 m de profundidad. Los pozos aquí construídos producen de 15 a 30 l/s y tienen

una capacidad específica promedio de 2 l/s/m. El agua subterránea es poco dulce, bicarbonatada sódica y muy dura.

4.2 AREAS DONDE EXISTE INTERES POR INTENSIFICAR LA EXPLORACION

Con base en las necesidades de agua potable para consumo humano e irrigación, en la Figura 12 se plantean las áreas donde se deben intensificar los estudios hidrogeológicos.

4.3 AREAS CON ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS

En la Figura 13 se delimitan las áreas donde se han ejecutado hasta la fecha estudios hidrogeológicos en Colombia; la mayoría de ellos llevados a cabo por INGEOMINAS, entidad encargada de la investigación del recurso hídrico subterráneo en el país; algunos han sido ejecutados con la colaboración de asistencia técnica holandesa. Dichos estudios son:

1.- Exploración de acuíferos de la Alta y Media Guajira Colombiana (Mosquera et al., 1976).

2.- Estudio Hidrogeológico de la Media y Baja Guajira Colombiana (Robles, et al., 1983).

3.- *Prospección Hidrogeológica en los departamentos de Atlántico y Bolívar* (Huguett, et al., 1985).

4.- Estudio Hidrogeológico de la zona entre los ríos Cesar y Ariguaní en las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta (CMV-La Moreaux, 1964).

5.- Estudio Hidrogeológico del flanco nororiental de la Serranía de San Jacinto y de la zona litoral del Golfo de Morrosquillo (INSFOPAL, 1981).

6.- Estudio Hidrogeológico para el abastecimiento de agua en la zona de Cúcuta (Carreño, 1982).

7.- Estudios de aguas subterráneas en los valles de Ubaté y Chiquinquirá (Spellman de H., 1982).

8.- Estudio de recursos de aguas subterráneas en la Sabana de Bogotá, I y II Etapas (CAR, 1975).

9.- Exploración de acuíferos del valle Medio del Magdalena (Mosquera et al., 1976).

10.- Hidrogeología del valle del río Cauca entre Buga y Cartago (Tenjo y Castillo, 1977).

11.- Hidrogeología del valle del río Cauca entre Santander de Quilichao y el valle del río Sonso (Alvarez y Tenjo, 1971).

12.- Investigación geoeléctrica en los Llanos Orientales (Díaz, et al., 1982).

Las condiciones hidraúlicas aproximadas de las áreas en donde se han ejecutado los estudios se representan a través de un pozo seleccionado en cada una de ellas.

5. RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta el bajo porcentaje de las áreas cubiertas en el país por estudios hidrogeológicos, se recomienda continuar con la exploración regional de acuerdo al Plan Nacional de Aguas Subterráneas presentado por el INGEOMINAS ante el Departamento Nacional de Planeación, y aprobado por esta entidad.

B I B L I O G R A F I A

ALVAREZ, A. y TENJO, S., 1971.- Hidrogeología del valle del río Cauca entre Santander de Quilichao y el río Sonso: Informe INGEOMINAS No. 1568 - CVC No. 71-4 p. 81.

BUNDESANSTALT FUR BODENFORSCHUNG, HANNOVER, et L'UNESCO, PARIS, 1974.- Carte Hidrogeologique Internacionale de l'Europe; Notice Explicative: Fuile C-4 Berlin 1974.

CAR, 1975.- Estudio de Aguas Subterráneas en la Sabana de Bogotá, II Etapa; Informe general, Bogotá.

CARO, P., ESQUIVEL, J., PLAZAS, L. y VASQUEZ, L., 1985.- Prospección Hidrogeológica en el noreste de Urabá: Informe INGEOMINAS, Inédito.

CARREÑO, J., 1982.- Informe Hidrogeológico de Cúcuta: Informe INGEOMINAS No. 1825.

CEDIEL, F., UJUETA, G. y CACERES, C., 1976.- Mapa Geológico de Colombia 1976. Ediciones Geotec Ltda.

COPLANARH, 1975.- Recursos de Aguas Subterráneas en Venezuela; Pub. No. 30, 70 p.

CVC, 1982.- Las Aguas Subterráneas en el Valle del Cauca. Informe CVC 82-12. Cali, Colombia.

CMV - La MOREAUX ASS., 1964.- Groundwater Resources of Codazzi Valley, Colombia: Part A, 60 p. Part B, 131 p. University Alabama.

DIAZ, J., DIAZGRANADOS, A., 1982.- Investigación Geoeléctrica para Prospección de Agua Subterránea en los Llanos Orientales - Colombia. Proyecto CALL. Informe III. INSFOPAL - TNO, Delft, Holanda.

DNP, 1985.- Estudio Nacional de Aguas, Bogotá.

FANDIÑO, E., 1967.- Compilación de las perforaciones realizadas en la Sabana de Bogotá: Informe No. 1533, Servicio Geológico Nacional, Bogotá.

FORERO, H., 1958.- Fuentes Termales en Colombia: Informe No. 1295, Servicio Geológico Nacional, Bogotá.

GALVIS, J., HUGUETT, A. y RUGE, P., 1979.- Geología de la Amazonía Colombiana, Informe No. 1792, INGEOMINAS, Bogotá.

GOMEZ, H., 1970.- Geología del valle Alto del río Cauca, Zonas I y II, CVC - INGEOMINAS. Informe No. 1566, INGEOMINAS.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, 1972.- Memoria del Mapa Hidrogeológico Nacional, Tomo 81, Madrid.

MAPA HIDROGEOLOGICO DO BRASIL, 1983.- Elaborado por el Departamento Nacional da Producao Mineral.

MAPA HIDROGEOLOGICO DE PORTUGAL, 1970.- Elaborado pela Direccao Geral de Minas e Servicios Geológicos.

MOSQUERA, F., ROBLES, E. y CARREÑO, J., 1976.- Exploración de Acuíferos del Valle Medio del Magdalena: Informe No. 1697, INGEOMINAS, Bogotá.

MOSQUERA, F., ARANGO, J., VALENCIA, M., CARREÑO, J. y AGUILERA, H., 1976.- Exploración de Acuíferos de la Alta y Media Guajira, Cap. I. Geología: Informe No. 1668, INGEOMINAS, Bogotá.

MOSQUERA, F., ULLOA, C., DACONTE, R., VARGAS, M., GAMBA, F., VARGAS, Ma. C., 1986.- Inventario de datos hidrogeológicos en la zona centro-occidental de la Sabana de Bogotá: Informe No. 1952, INGEOMINAS, Bogotá.

SPEELMAN de H., 1982.- Hidrogeología de los valles de Ubaté y Chiquinquirá. Informe No. 1852, INGEOMINAS, Bogotá.

TENJO, S. y CASTILLO, J., 1977.- Hidrogeología del valle del río Cauca entre Buga y Cartago: Informe No. 77-16 CVC, Cali, Colombia.

HIMAT, 1985.- Inventario de Cuencas Hidrográficas en Colombia: HIMAT, Bogotá.

HUGUETT, A., ALVAREZ, R., VASQUEZ, L., CARO, P. y PLAZAS, L., 1985.- Hidrogeología en los departamentos de Atlántico y Bolívar. Informe No. 1971, INGEOMINAS, Bogotá.

IGAC, 1976.- Los suelos de Colombia y su aptitud de uso: IGAC, Bogotá.

----, 1977.- Atlas de Colombia: IGAC 286 p., Bogotá.

INGEOMINAS, 1976.- Mapa Geológico de Colombia, escala 1:1'500.000.

----, 1977.- Mapa Hidrogeológico de Colombia, escala 1:3'000.000.

INSFOPAL, 1974.- Informe Hidrogeológico preliminar sobre el relleno aluvial del río Manzanares (Santa Marta, Magdalena); Sección de Aguas Subterráneas. Inédito. Bogotá.

INSFOPAL, 1981.- Estudio Hidrogeológico del Flanco Nororiental de la Serranía de San Jacinto y de la zona litoral del Golfo de Morrosquillo. Bogotá.

INSFOPAL, 1982.- Investigación Geoeléctrica para prospección de agua subterránea en los Llanos Orientales. Proyecto CALL, Delft. Bogotá.

ROBLES, E., VASQUEZ, L. y otros, 1983.- Estudio Hidrogeológico de la Media y Baja Guajira. Informe No. 1906, INGEOMINAS, Bogotá.

VALENCIA, M., RESTREPO, L. y CARREÑO, J., 1975.- Evaluación de Acuíferos de la Alta y Media Guajira, Cap. II, Prospección Geofísica. Informe No. 1668, INGEOMINAS, Bogotá.

VALENCIA, M., 1976.- Geoeléctrica entre Buga y Cartago Valle del Cauca. Informe No. 1696, INGEOMINAS, Bogotá.

TABLA 1: RESUMEN DE LA GEOLOGIA DE COLOMBIA

Tomado y modificado de Cediel et. al 1976

Edad / Provincia Hidrogeológica	PRECAMBRICO	PALEOZOICO INFERIOR	PALEOZOICO SUPERIOR	JURASICO	TRIASICO	CRETACEO INFERIOR	CRETACEO SUPERIOR	TERCIARIO INFERIOR	TERCIARIO SUPERIOR	CUATERNARIO
ANDINA-VERTIENTE ATLANTICA	Neis de Bucaramanga	Gr. Cajamarca, Gn. Ayura Montel, Gr. Valdivia, Cristalina, Comp. Puquí, Gr. Guejar, Gr. Quetame, Silgará, Comp. Sevilla	Floresta, Pipiral, Cuche, Red Beds, Diamante, Palmarito, Gr. Murillo	Saldaña, Sudan, Morrocoyal, Montebel, Bata, Girón, Arcabuco, Jordán, Bocas, La Quinta	Luisa, Payandé, Tiburón	Gr. Cáqueza, Tambor, La Cumbre, Rosablanca, Ritoque, La Naveta, Gr. Villeta, Tibasosa, Paja, Tablazo, Caballo, Uribante	Cogollo, Churuvita, Mocoa, La Frontera, San Rafael, La Luna, Conejo, Gr. Olini, Rumiyaco, Gr. Guadalupe, Umir, Colón, Guaduas, La Tabla	Umir, Guaduas, Cacho, Rumiyaco, Nodales, Seca, Barco, Lisama, Los Cuervos, Bogotá, Gr. Chicoral, Gr. Chorró, Antioquia, Mirador, Carbonera, Gr. Orteguazo, Gualanday	El Bordo, La Paila, Usme, Honda, Gr. Real, León, Guayabo, El Galeón, San Miguel, Tunja, Combia, Popayán, Gigante, Mesa	Popayán, Conglomerado de Páez, Terraza de Bucaramanga, Sabana, Tilatá, Arenisca de Lérida, Arenisca de Gualí, Subachoque, Terraza la Nubia, Terraza Girardot, Terraza Fluviales, Depósitos Glaciales, Aluviones - Coluviones
COSTERA VERTIENTE-ATLANTICA	Esquisto de Gaira, Batolito de Sta. Marta, Granulita Los Mangos, Neis Los Muchachitos	Gr. Macuira	Chundua	Uitpana, Jipi, Guatapurí, Ranchograndé, Cheterló, El Indio, Gr. Cojoro, Gr. Cocinas	Corual	Cogollo Inf., Yuruma Sup., Moina, Palanz	Guaralamai, La Luna, Maraca, San Cayetano	Porquero, El Floral, Charrura, Siamana, Macarao, San Jacinto, Chalan, La Risa, Arroyo Seco, Carreto, San Cayetano	Corozal, Morroa, Castillete, San Antonio, Jimol, El Descanso, Jaraguay, El Cerrito, Pajuil	Depósitos Deltaicos, Depósitos Litorales, Terraza Marina, Depósitos Eólicos, Depósitos Lacustres, Terraza Aguachica, Caliza de la Popa
AMAZONAS	Complejo Migmatítico de Mitú; La Pedrera	Araracuara; Sienita de San José del Guaviare		Motema				Terciario Inferior Amazónico; Rumiyaco	Terciario Superior Amazónico; Orito	Depósitos fluviales
COSTERA-VERTIENTE PACIFICA								Piso de los Tocanales; Piso de Nuguiales; ? ?	Piso del Cuchillo; Piso del Currulao	Depósitos fluviales; Depósitos Transicionales
ORINOCO							G. Macarena	Gr. San Fernando, Losada, Guayabera	Yarí, Duda, Serranía	Talanquera, Duda, Depósito Llanura Aluvial
ESCUDO SEPTENTRIONAL	Complejo Migmatítico de Mitú; Roraima									Depósitos Fluviales

Rocas de ambiente continental | Rocas de ambiente marino | Rocas de facie intermedia (salobre) | Rocas de origen volcánico | Rocas intrusivas y metamórficas

2.3.1 Suelos de la Región Andina

Presentan la mayor complejidad pues mientras en las cordilleras Occidental y Central son más frecuentes los suelos derivados de cenizas volcánicas o ANDEPTS ("1" en el Mapa) que comprenden la zona cafetera, en la oriental dominan suelos tropicales moderadamente evolucionados o TROPEPTS asociados a otros apenas incipientes de fuertes laderas y roca aflorante u ORTHENTS líticos (esta asociación:"2" en el Mapa).

Todos los anteriores suelos alternan en los páramos ("3" en el Mapa).

- Sub-región de valles y altiplanicies

Mención especial se hace de estas áreas ("4" en el Mapa) por involucrar los mejores suelos del país, particularmente en la Sabana de Bogotá con TROPEPTS de génesis fluvio-lacustre y en el Valle del Cauca con VERTISOLES, esto es, suelos de una gran dinámica atribuída a arcillas oscuras expansibles.

2.3.2 Suelos de la Región Atlántica

De origen fluvio-marino-lacustre, algunos como los FLUVENTS (típicos aluviales), TROPEPTS y UDOLLS (suelos con horizonte superficial de cualidades especiales) poseen un buen drenaje y una excelente productividad y otros como los AQUENTS y AQUEPTS ("5" en el Mapa) son suelos jóvenes seriamente degradados por condiciones de humedad, lo que les confiere una vocación actual pecuaria.

2.3.3 Suelos de la Región Pacífica

Señalada como una de las zonas de mayor pluviosidad en el globo, exhibe unos suelos pobres, lixiviados, los OXISOLES, aptos solo para uso forestal ("6A" en el Mapa) aunque ocurren mejores suelos en los valles de los grandes ríos.

2.3.4 Suelos de la Región Oriental

Comprenden las más grandes llanuras del territorio nacional cuya baja fertilidad restringe su utilización hacia ganadería y bosques básicamente.

- Sub-región de la Orinoquía

Se divide en dos sectores: la Sabana mal drenada con predominio de suelos AQUEPTS ("7" en el Mapa) y la altillanura con OXISOLES lavados por escurrimiento y erosionados por el viento ("8" en el Mapa).

- Sub-región de la Amazonía

Se diferencia de la Orinoquía por un volumen notablemente más alto de precipitación que induce, además de Oxisoles, la formación de ULTISOLES, suelos de avanzado grado de evolución que en el trópico se presentan como lateritas, latosoles, etc. ("6B" en el Mapa).

INGEOMINAS

F-IGM 331-40 III-83

Como complemento a lo expuesto sobre los suelos del país, vale la pena mencionar la existencia de dos tipos de áreas: una de climas áridos y semiáridos con suelos desérticos o ARIDISOLES ("9" en el Mapa) y otra de piedemonte bordeando la Cordillera Oriental ("10" en el Mapa) con tropepts, suelos de propiedades superiores a los del resto de las grandes llanuras orientales.

2.4 CLIMATOLOGIA

El clima de Colombia está determinado por la posición del país en la zona intertropical o de bajas latitudes, por la altura y la orientación del relieve, por la influencia de los mares, la extensión del territorio y por los vientos locales y alisios. La posición del país en la zona tropical hace que se presenten temperaturas altas y uniformes durante todo el año. El sistema montañoso hace que la temperatura descienda hasta temperaturas menores de 0°C. Este fenómeno se puede apreciar en el mapa de pisos térmicos (Figura 2).

La variabilidad de la lluvia y los diversos factores fisiográficos dan una diversidad de climas en el territorio colombiano (Figura 5) desde zonas semiáridas con temperaturas por encima de los 26°C y escasa precipitación, hasta zonas húmedas con temperaturas bajas y precipitaciones por encima de los 3000 mm año.

correcciones

Figura 4 Mapa

das a la sequedad y crecen también matorrales denominados cardonales ó cardonales ?. En la zona media y alta de la península de la Guajira la vegetación es cada vez más escasa y en muchas partes tiene un aspecto desértico.

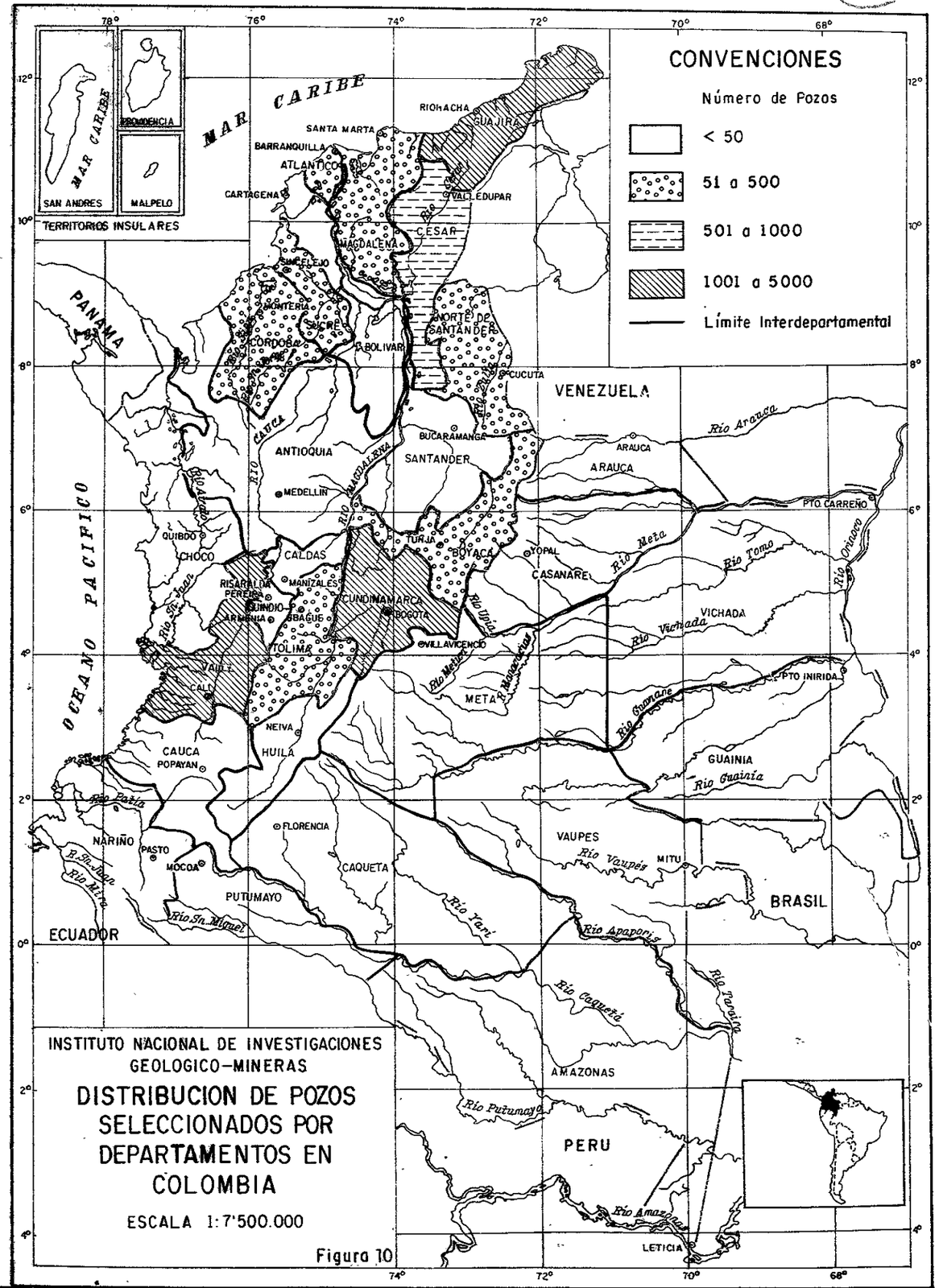
En las cordilleras Occidental y Central en los climas templado y frío húmedo se localiza el bosque subandino con una gran variedad de especies. Buena parte de esta vegetación natural ha sido reemplazada por campos de cultivo, potreros y bosque de sombrío de café.

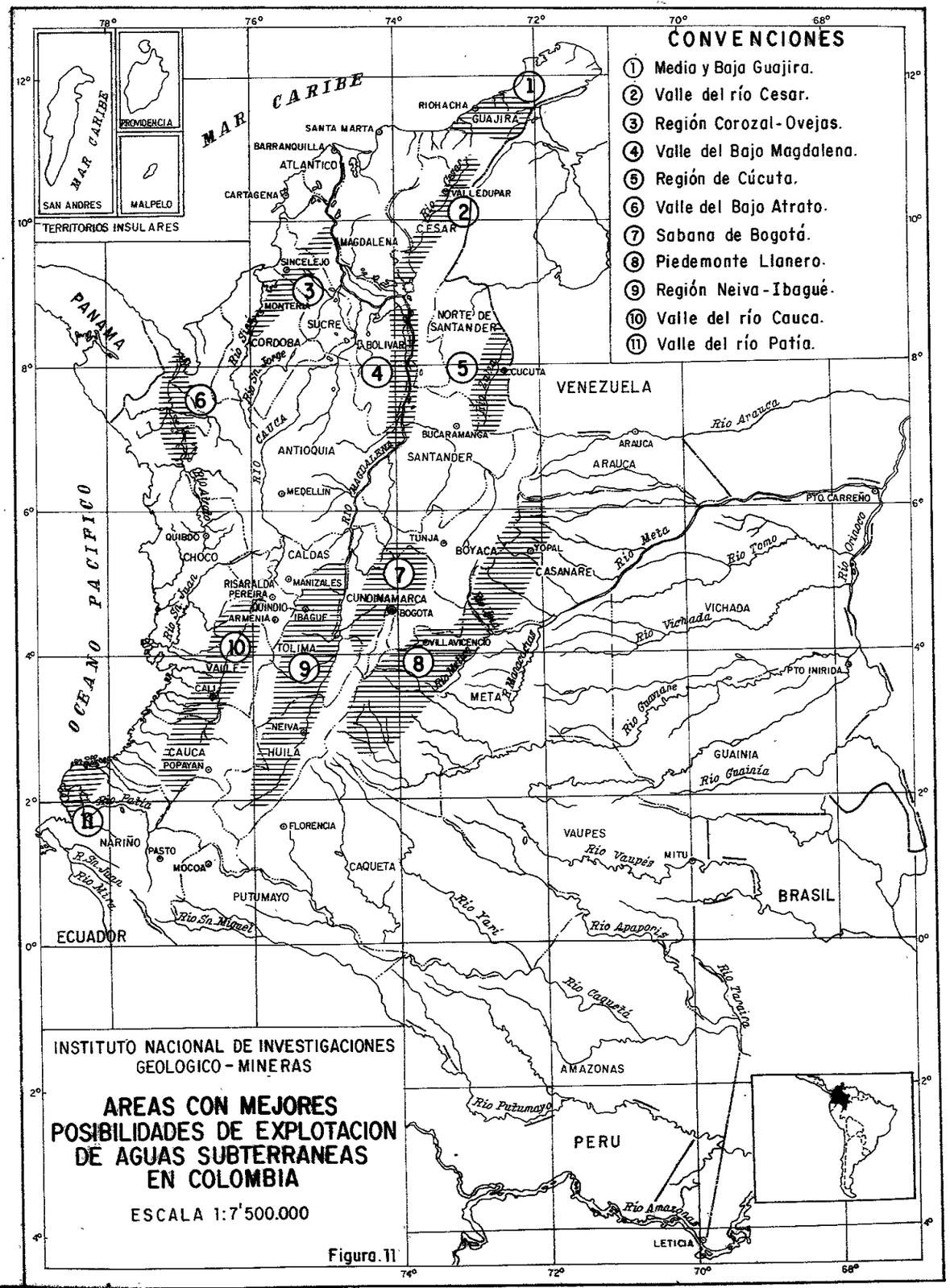
En las zonas montañosas de elevaciones entre los 2.400 a 3.600 m.s.n.m. con alta precipitación se encuentra una vegetación con numerosas especies maderables.

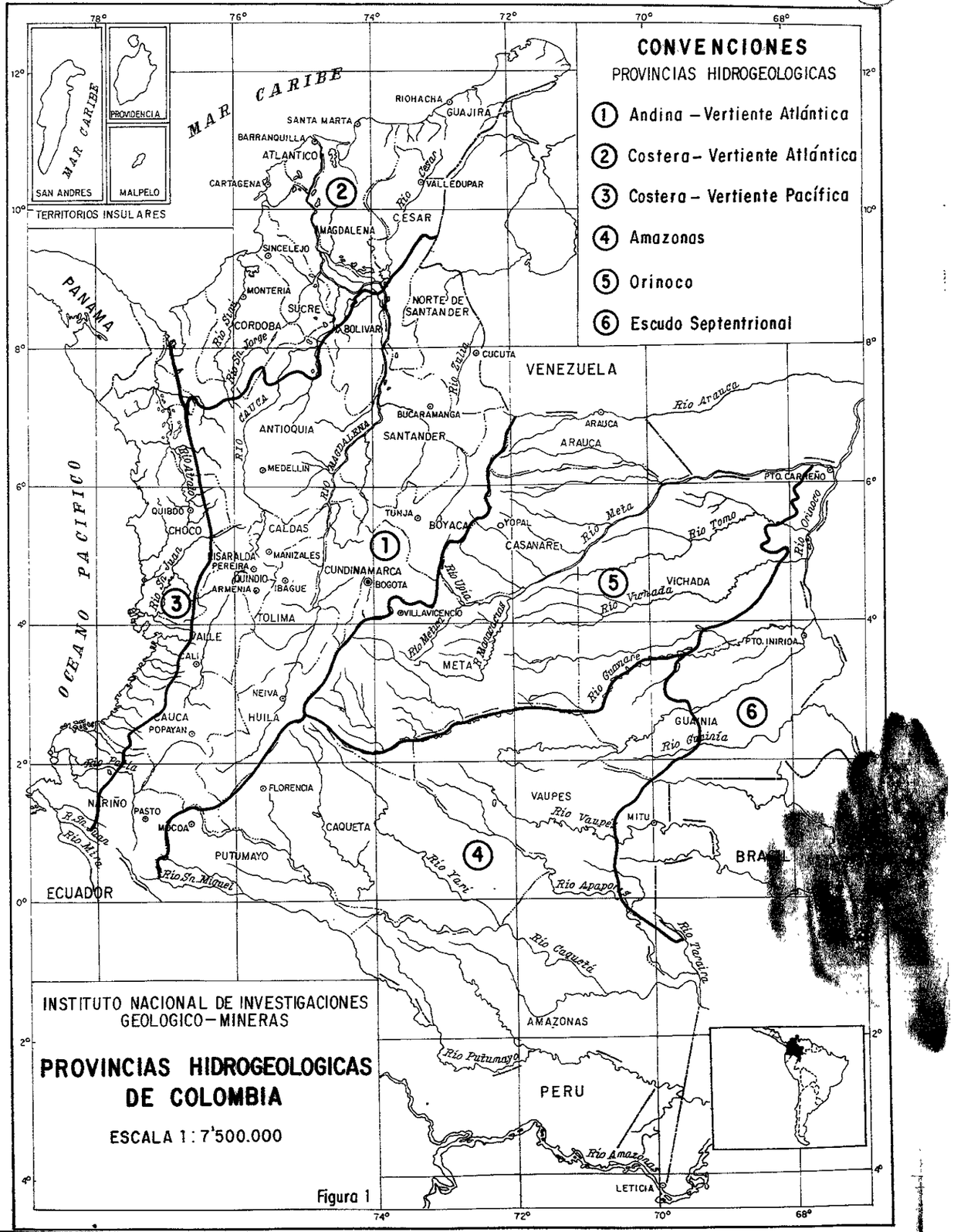
En las zonas de páramo la flora está constituída por plantas adaptadas a bajas temperaturas y altas precipitaciones, se destacan el frailejón, los arbustos achaparrados y las gramíneas.

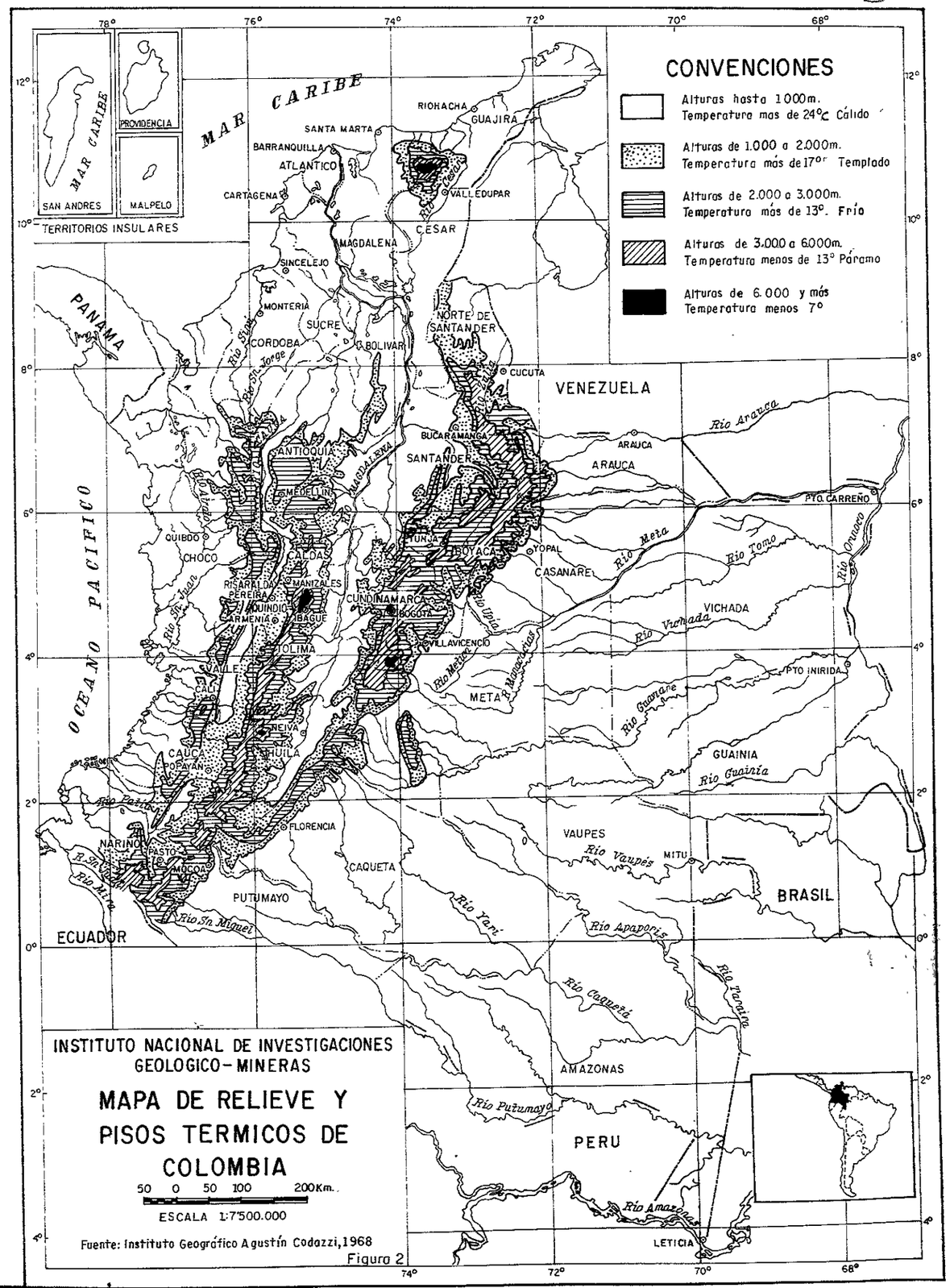
2.3 SUELOS

Los suelos en general, son cuerpos naturales desarrollados a partir de materiales orgánicos y geológicos bajo condiciones diversas de clima y con la influencia del relieve y de los seres vivos, factores éstos interactuantes y cambiantes en el decurso del tiempo geológico y cuyas características e importancia suelen diferir notablemente en los distintos ambientes según las regiones naturales de Colombia (Figura 4).


CONVENCIONES
Número de Pozos
< 50
51 a 500
501 a 1000
1001 a 5000
Límite Interdepartamental
TERRITORIOS INSULARES
MAR CARIBE
PROVIDENCIA
SAN ANDRES
MALPELO
MAR CARIBE
RIOHACHA
GUAJIRA
SANTA MARTA
BARRANQUILLA
ATLANTICO
CARTAGENA
VALLEDUPAR
CESAR
MAGDALENA
SINCELEJO
MONTERIA
SUCRE
CORDOBA
BOLIVAR
NORTE DE SANTANDER
CUCUTA
VENEZUELA
PANAMA
Río Arauca
BUCARAMANGA
ARAUCA
SANTANDER
ANTIOQUIA
ARAUCA
MEDELLIN
PTO CARREÑO
Río Meta
Río Tomo
Río Orinoco
QUIBDO
CHOCO
CALDAS
TUNJA
BOYACA
YOPAL
CASANARE
RISARALDA
PEREIRA
MANIZALES
QUINDIO
ARMENIA
CUNDINAMARCA
IBAGUE
BOGOTA
VILLAVICENCIO
TOLIMA
VICHADA
Río Vichada
Río Meta
PTO INIRIDA
META
VALLE
CALI
NEIVA
HUILA
CAUCA
POPAYAN
Río Guaviare
GUAINIA
Río Guainía
Río Patía
FLORENCIA
NARIÑO
PASTO
MOCOA
VAUPES
Río Vaupés
MITU
CAQUETA
PUTUMAYO
BRASIL
Río Yarí
Río Apaporis
ECUADOR
Río Caquetá
Río Putumayo
AMAZONAS
PERU
Río Amazonas
LETICIA
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO-MINERAS
DISTRIBUCION DE POZOS SELECCIONADOS POR DEPARTAMENTOS EN COLOMBIA
ESCALA 1:7'500.000
Figura 10


CONVENCIONES
① Media y Baja Guajira.
② Valle del río Cesar.
③ Región Corozal-Ovejas.
④ Valle del Bajo Magdalena.
⑤ Región de Cúcuta.
⑥ Valle del Bajo Atrato.
⑦ Sabana de Bogotá.
⑧ Piedemonte Llanero.
⑨ Región Neiva-Ibagué.
⑩ Valle del río Cauca.
⑪ Valle del río Patía.
MAR CARIBE
PROVIDENCIA
SAN ANDRES
MALPELO
TERRITORIOS INSULARES
RIOHACHA
GUAJIRA
SANTA MARTA
BARRANQUILLA
ATLANTICO
CARTAGENA
VALLEDUPAR
CESAR
MAGDALENA
SINCELEJO
MONTERIA
SUCRE
CORDOBA
BOLIVAR
NORTE DE SANTANDER
CUCUTA
VENEZUELA
PANAMA
OCEANO PACIFICO
ANTIOQUIA
BUCARAMANGA
SANTANDER
ARAUCA
Río Arauca
MEDELLIN
PTO. CARREÑO
Río Meta
Río Tomo
Río Orinoco
QUIBDO
CHOCO
CALDAS
TUNJA
BOYACA
TOPAL
CASANARE
RISARALDA
MANIZALES
PEREIRA
QUINDIO
CUNDINAMARCA
BOGOTA
ARMENIA
IBAGUE
VILLAVICENCIO
VICHADA
Río Vichada
TOLIMA
VALLE
CALI
META
PTO INIRIDA
Río Guaviare
NEIVA
HUILA
GUAINIA
Río Guainía
CAUCA
POPAYAN
Río Patía
FLORENCIA
VAUPES
Río Vaupés
MITU
NARIÑO
PASTO
MOCOA
CAQUETA
BRASIL
PUTUMAYO
Río Yarí
Río Apaporis
Río San Miguel
ECUADOR
Río Caquetá
Río Putumayo
AMAZONAS
PERU
Río Amazonas
LETICIA
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO-MINERAS
AREAS CON MEJORES POSIBILIDADES DE EXPLOTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS EN COLOMBIA
ESCALA 1:7'500.000
Figura.11


CONVENCIONES
PROVINCIAS HIDROGEOLOGICAS
1 Andina – Vertiente Atlántica
2 Costera – Vertiente Atlántica
3 Costera – Vertiente Pacífica
4 Amazonas
5 Orinoco
6 Escudo Septentrional
MAR CARIBE
PROVIDENCIA
SAN ANDRES
MALPELO
TERRITORIOS INSULARES
RIOHACHA
GUAJIRA
SANTA MARTA
BARRANQUILLA
ATLANTICO
CARTAGENA
VALLEDUPAR
Río Cesar
CESAR
MAGDALENA
SINCELEJO
MONTERIA
SUCRE
CORDOBA
BOLIVAR
NORTE DE SANTANDER
CUCUTA
VENEZUELA
PANAMA
Río Sinú
Río San Jorge
Río Cauca
Río Lebrija
ANTIOQUIA
BUCARAMANGA
SANTANDER
Río Arauca
ARAUCA
ARAUCA
MEDELLIN
Río Magdalena
Río Atrato
PTO. CARREÑO
QUIBDO
CHOCO
TUNJA
BOYACA
CALDAS
YOPAL
CASANARE
Río Meta
Río Tomo
Río Orinoco
MANIZALES
RISARALDA
PEREIRA
QUINDIO
ARMENIA
IBAGUE
CUNDINAMARCA
BOGOTA
VICHADA
Río Vichada
Río Upia
Río San Juan
TOLIMA
VILLAVICENCIO
Río Melua
Río Manacacías
PTO. INIRIDA
META
VALLE
CALI
Río Guaviare
NEIVA
HUILA
GUAINIA
CAUCA
POPAYAN
Río Guainía
Río Patía
FLORENCIA
VAUPES
NARIÑO
PASTO
MOCOA
CAQUETA
Río Vaupés
MITU
BRASIL
Río Yarí
Río Apaporis
PUTUMAYO
Río San Miguel
ECUADOR
Río Caquetá
Río Putumayo
AMAZONAS
PERU
Río Amazonas
LETICIA
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO–MINERAS
PROVINCIAS HIDROGEOLOGICAS DE COLOMBIA
ESCALA 1 : 7'500.000
Figura 1



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO-MINERAS

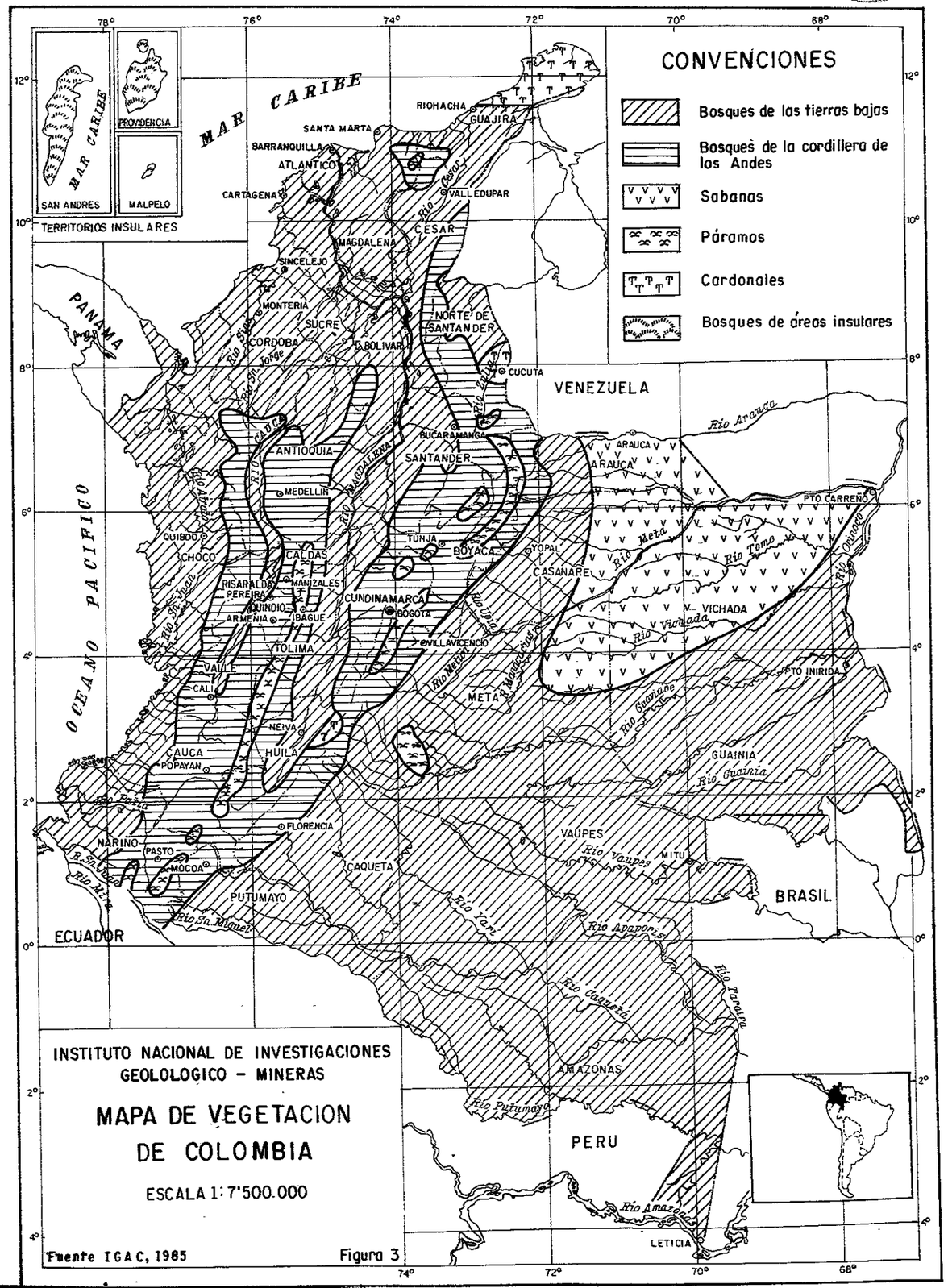
MAPA DE RELIEVE Y PISOS TERMICOS DE COLOMBIA

50 0 50 100 200Km.

ESCALA 1:7'500.000

Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1968

Figura 2



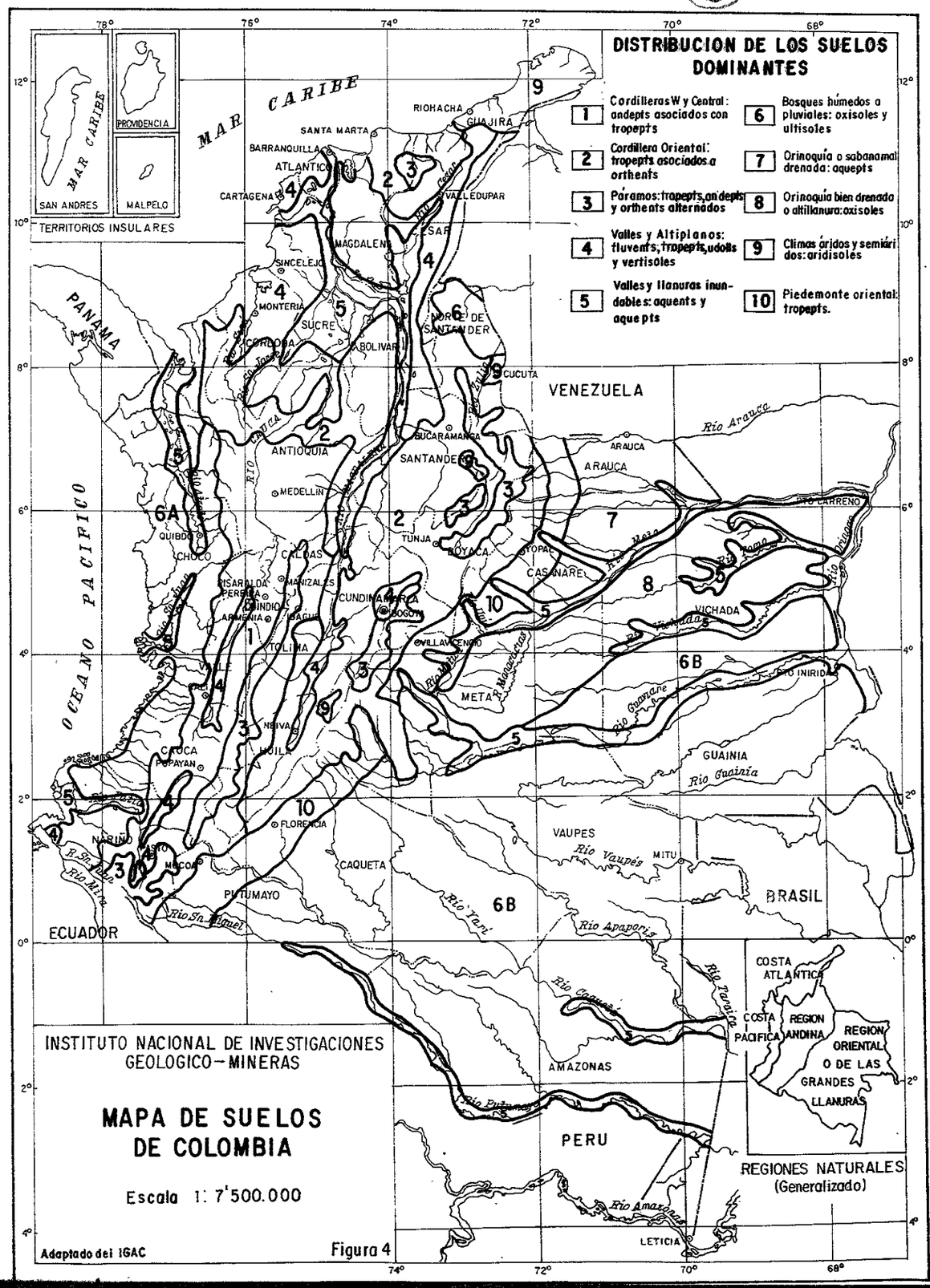
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOLOGICO - MINERAS

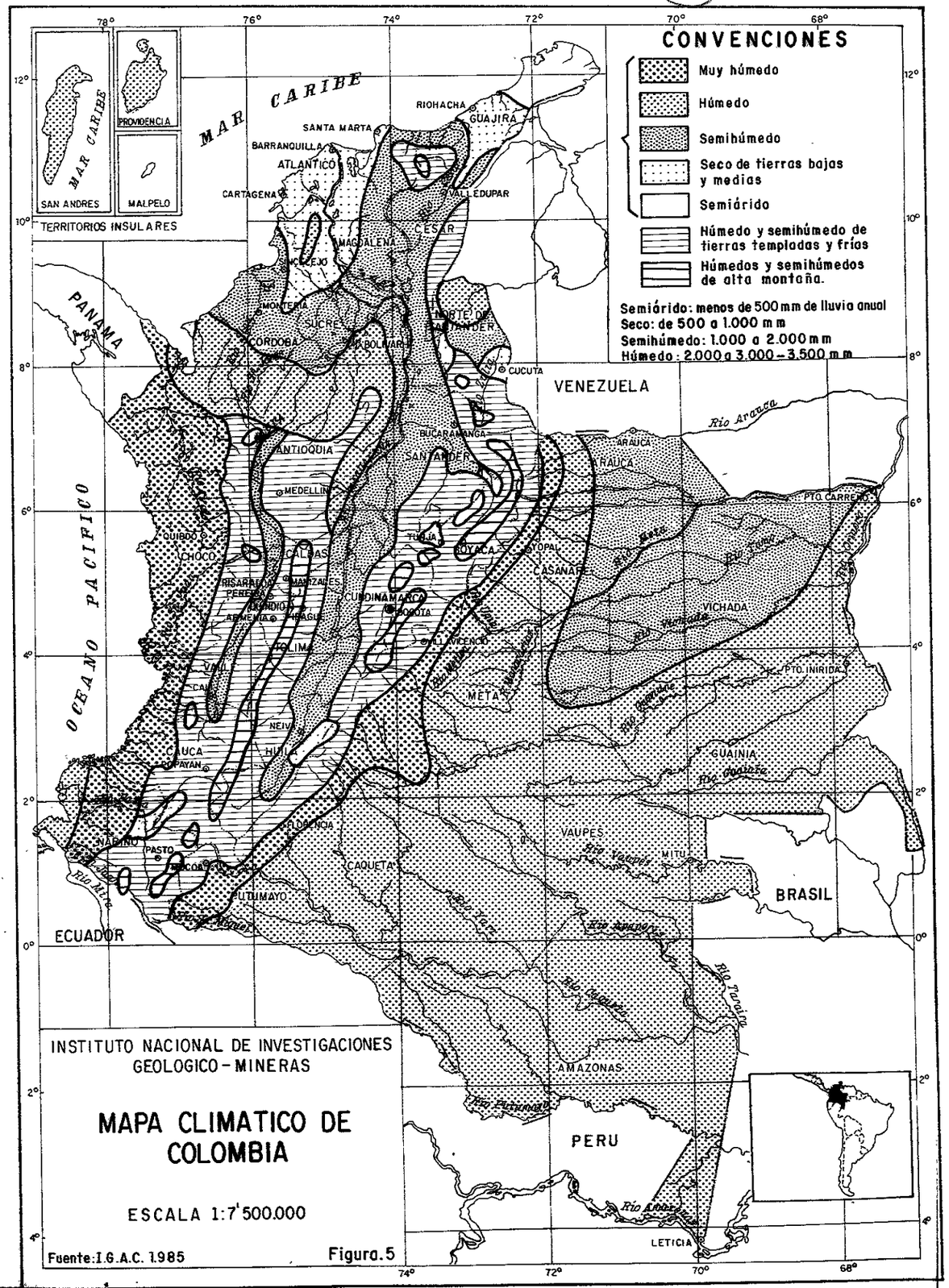
MAPA DE VEGETACION DE COLOMBIA

ESCALA 1:7'500.000

Fuente IGAC, 1985

Figura 3


DISTRIBUCION DE LOS SUELOS DOMINANTES
1 Cordilleras W y Central: andepts asociados con tropepts
2 Cordillera Oriental: tropepts asociados a orthents
3 Páramos: tropepts, andepts y orthents alternados
4 Valles y Altiplanos: fluvents, tropepts, udolls y vertisoles
5 Valles y llanuras inundables: aquents y aquepts
6 Bosques húmedos a pluviales: oxisoles y ultisoles
7 Orinoquia o sabanamal drenada: aquepts
8 Orinoquia bien drenada o altillanura: oxisoles
9 Climas áridos y semiáridos: aridisoles
10 Piedemonte oriental: tropepts.
TERRITORIOS INSULARES
SAN ANDRES
PROVIDENCIA
MALPELO
MAR CARIBE
PANAMA
VENEZUELA
ECUADOR
PERU
BRASIL
RIOHACHA
GUAJIRA
SANTA MARTA
BARRANQUILLA
ATLANTICO
CARTAGENA
VALLEDUPAR
MAGDALENA
SINCELEJO
MONTERIA
SUCRE
CORDOBA
BOLIVAR
NORTE DE SANTANDER
CUCUTA
ANTIOQUIA
SANTANDER
BUCARAMANGA
MEDELLIN
ARAUCA
CASANARE
QUIBDO
CHOCO
CALDAS
TUNJA
BOYACA
RISARALDA
MANIZALES
PEREIRA
QUINDIO
ARMENIA
CUNDINAMARCA
BOGOTA
IBAGUE
TOLIMA
VILLAVICENCIO
META
VICHADA
PTO CARREÑO
HUILA
NEIVA
CAUCA
POPAYAN
NARIÑO
PASTO
TUMACO
PUTUMAYO
FLORENCIA
CAQUETA
VAUPES
MITU
GUAINIA
AMAZONAS
LETICIA
Río Arauca
Río Meta
Río Guaviare
Río Guainía
Río Vaupés
Río Yarí
Río Apaporis
Río Caquetá
Río Putumayo
Río Amazonas
Río Tarairá
Río Inírida
COSTA ATLANTICA
COSTA PACIFICA
REGION ANDINA
REGION ORIENTAL
O DE LAS GRANDES LLANURAS
REGIONES NATURALES
(Generalizado)
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO-MINERAS
MAPA DE SUELOS DE COLOMBIA
Escala 1: 7'500.000
Adaptado del IGAC
Figura 4



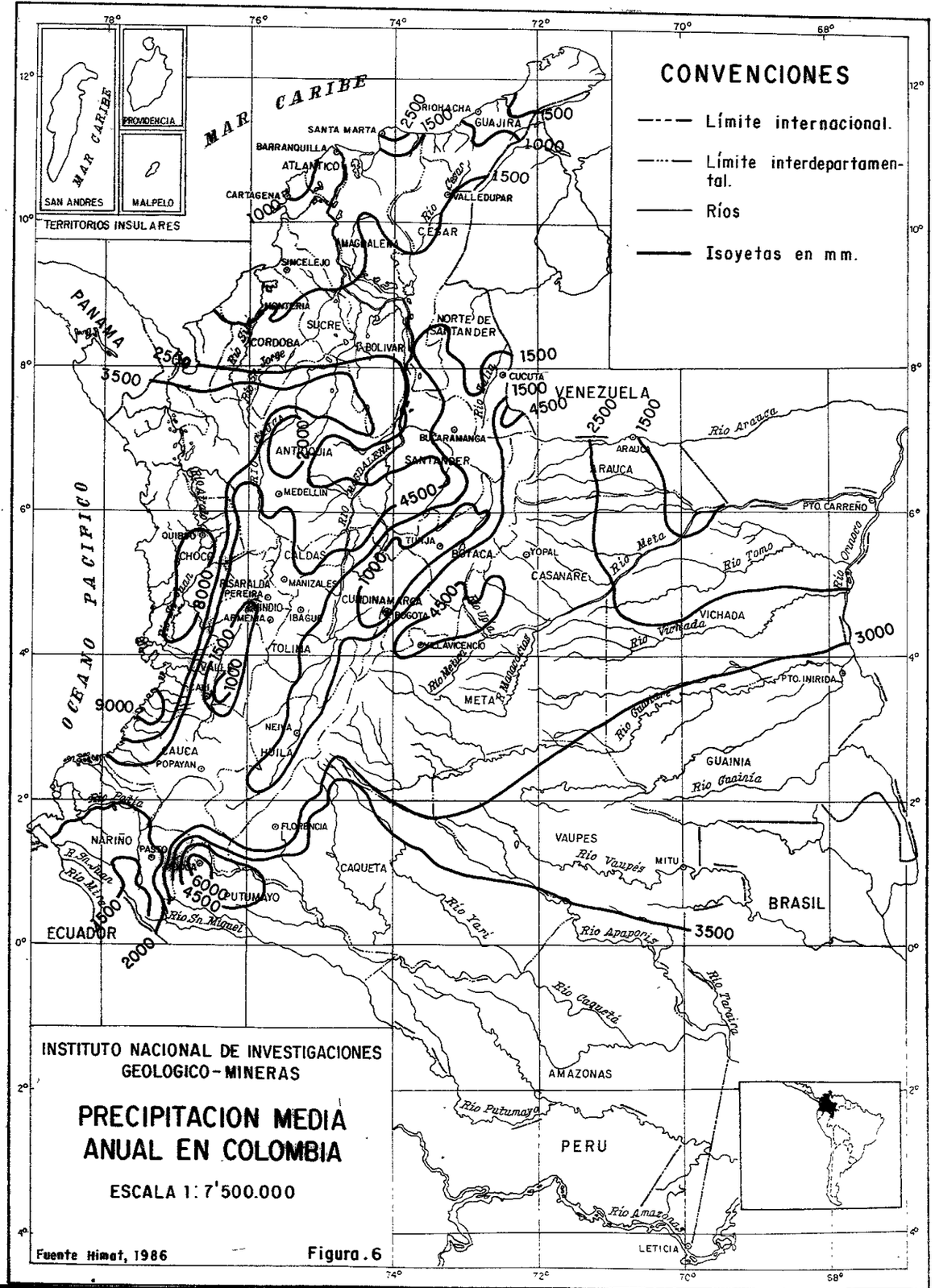
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO-MINERAS

MAPA CLIMATICO DE COLOMBIA

ESCALA 1:7'500.000

Fuente: I.G.A.C. 1985

Figura.5



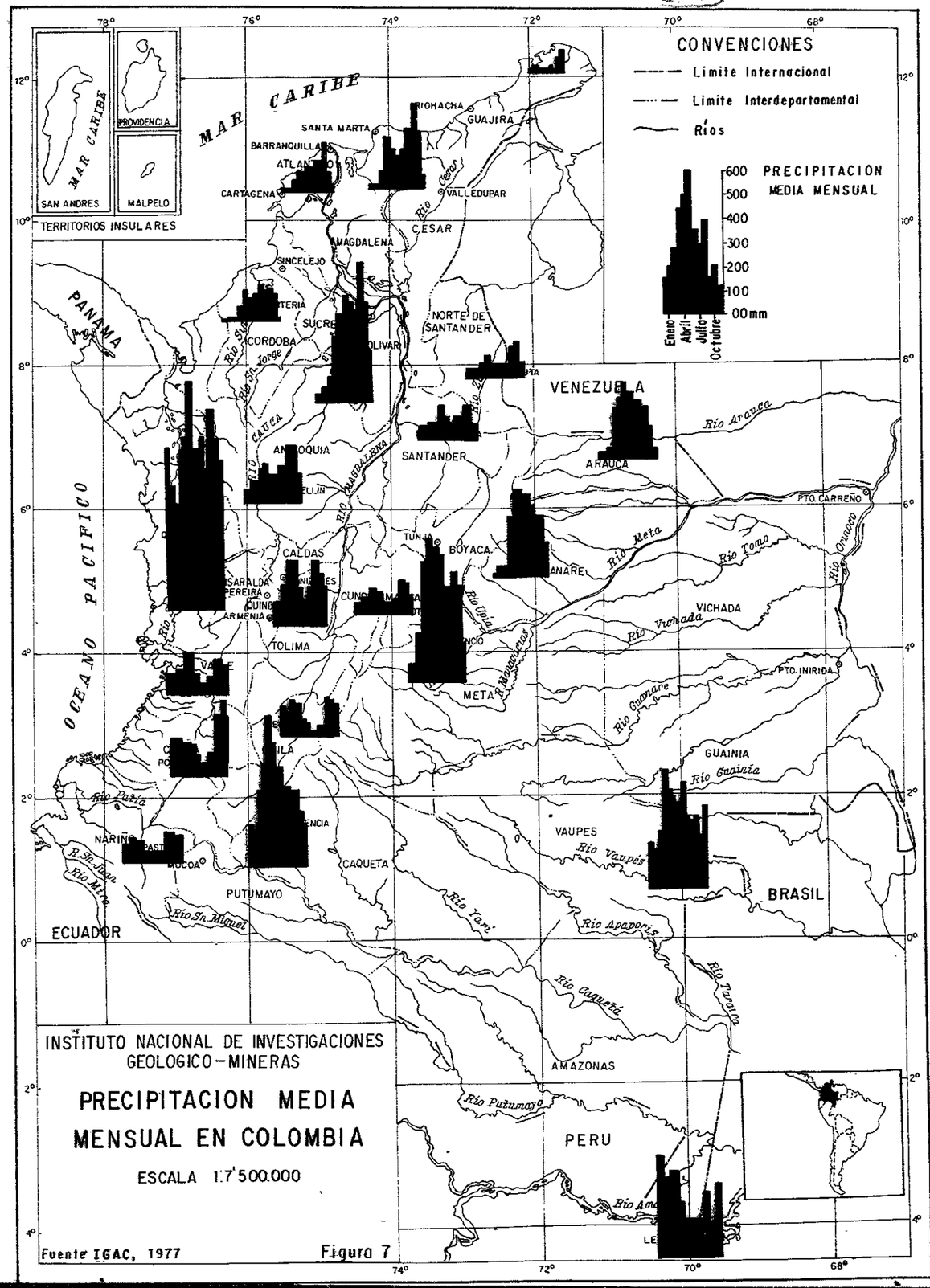
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO-MINERAS

PRECIPITACION MEDIA ANUAL EN COLOMBIA

ESCALA 1: 7'500.000

Fuente Himat, 1986

Figura. 6



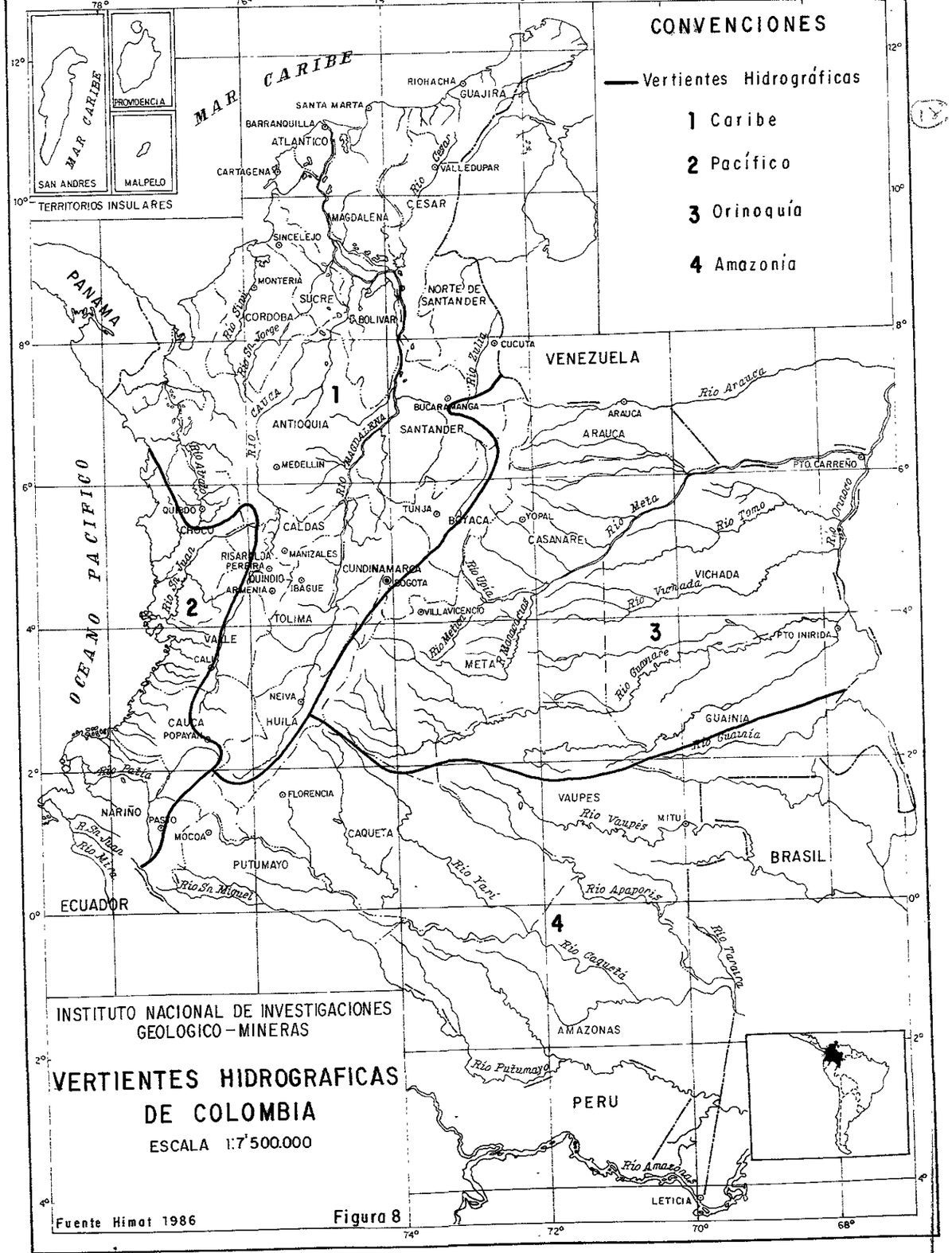
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO-MINERAS

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL EN COLOMBIA

ESCALA 1:7'500.000

Fuente IGAC, 1977

Figura 7



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO-MINERAS

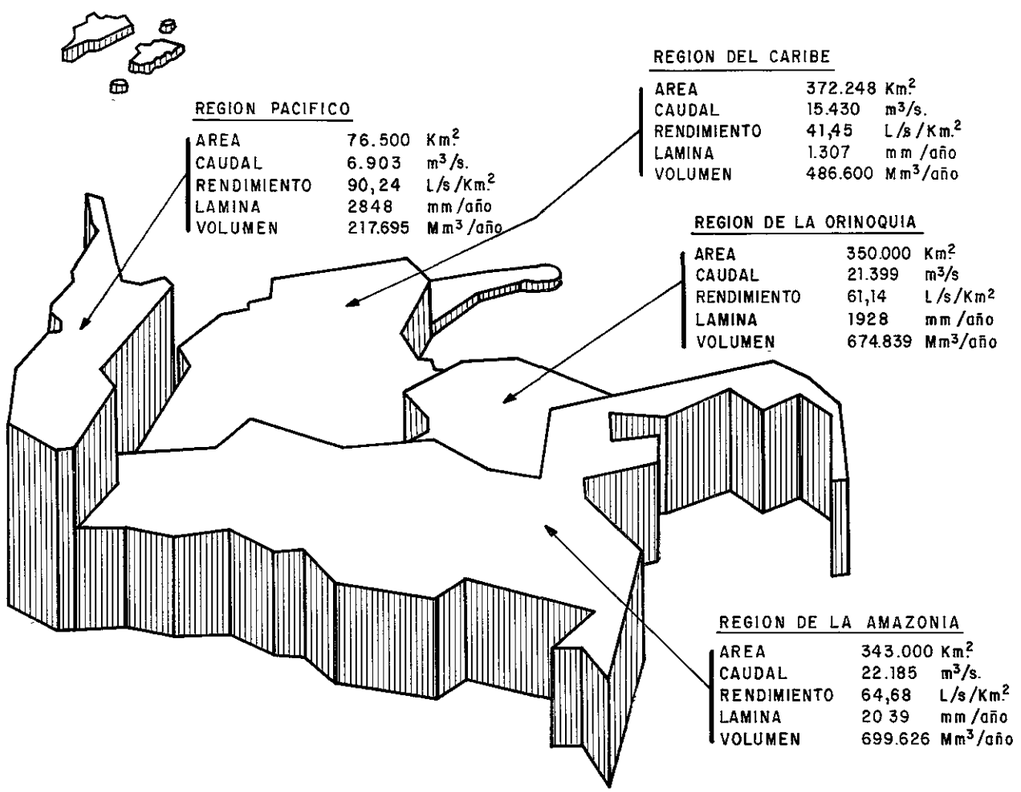
VERTIENTES HIDROGRAFICAS DE COLOMBIA

ESCALA 1:7'500.000

Fuente Himat 1986

Figura 8

CAUDALES MEDIOS MULTIANUALES Y RENDIMIENTOS EN LAS GRANDES REGIONES HIDROGRAFICAS DE COLOMBIA



VALORES TOTALES PARA COLOMBIA

AREA	1'141.748	Km²
CAUDAL	65.917	m³/s
RENDIMIENTO PONDERADO	59	L/s/Km²
LAMINA	1.821	mm/año
VOLUMEN	2'078.758	Mm³/año

Fuente: Himat 1985

Figura 9