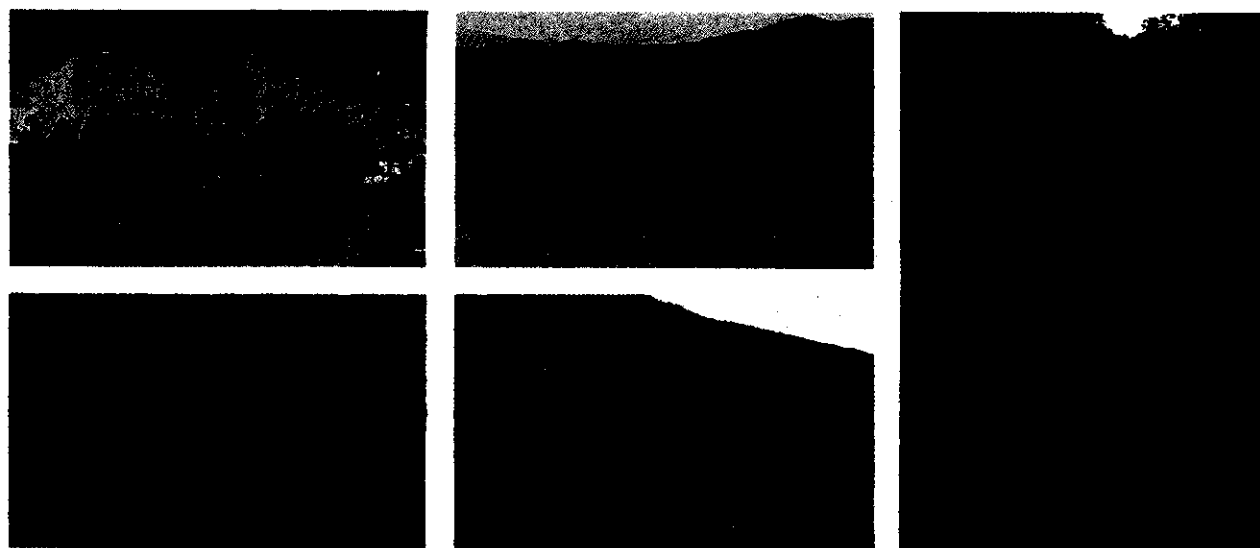


CORPORACION AUTONOMA REGIONAL
DE LAS CUENCAS DE LOS RIOS
BOGOTA, UBATE Y SUAREZ



DISTRITO ESPECIAL DE BOGOTA
SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS



**ESTUDIO Y PLAN DE MANEJO
DE LA INDUSTRIA EXTRACTIVA
EN LA CUENCA ALTA DEL RIO BOGOTA**
y recuperación de áreas afectadas por esta actividad

VOLUMEN I

GEOLOGIA DE LOS MATERIALES
EXTRACTIVOS

ε

E 3,1

BOGOTA D.E.

epam
LTDA.

estudios y proyectos ambientales

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LAS CUENCAS
DE LOS RIOS BOGOTA, UBATE Y SUAREZ - CAR

DISTRITO ESPECIAL DE BOGOTA
SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

ESTUDIO Y PLAN DE MANEJO DE LA INDUSTRIA EXTRACTIVA
EN LA CUENCA ALTA DEL RIO BOGOTA Y RECUPERACION DE
AREAS AFECTADAS POR ESTA ACTIVIDAD

Volumen I

GEOLOGIA DE LOS MATERIALES EXTRACTIVOS

Bogotá, D.E., Agosto de 1985

Bogotá, D.E., Septiembre 20 de 1985

Señor Doctor
DIEGO PARDO KOPPEL
Director General
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LAS CUENCAS
DE LOS RIOS BOGOTA, UBATE Y SUAREZ - C A R -
La Ciudad.-

Ref: Informe Final. Contrato No.120/84.

Apreciado Señor Director:

Anexo al presente tenemos el agrado de entregar a Ud. el Informe Final del "Estudio y plan de manejo de la industria extractiva - en la cuenca alta del Río Bogotá y recuperación de áreas afectadas por esta actividad", realizado por nuestra firma mediante el Contrato CAR No. 120/84.

El informe consta de 4 volúmenes principales y 5 volúmenes de anexos, distribuidos así:

- Los volúmenes I, II y III están dedicados a presentar el diagnóstico de la industria extractiva en los aspectos de: geología, situación física y socioeconómica de la industria actual y condicionantes ambientales, urbanos y jurídico-institucionales para su desarrollo.
- El Volumen IV encierra el Plan de ordenación y manejo de la industria extractiva, propuesto como resultado de los estudios realizados.
- Además se presenta un anexo al Volumen I, sobre geología (I-A), un anexo al Volumen II, con los tabulados del censo (V), un anexo al Volumen IV sobre el plan de ordenación (IV-A), un anexo de cartas temáticas (VI) y un volumen adicional con un resumen ejecutivo del estudio (Volumen 0). Asimismo se presentan en un anexo separado al informe, los programas de computador empleados en el pro

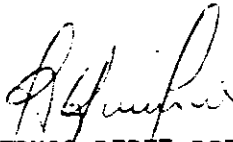
./.

cesamiento del censo y los listados de las industrias extractivas censadas.

Es nuestro más ferviente deseo que el estudio realizado y el plan propuesto permitan a la CAR ordenar el control y desarrollo de la industria extractiva, que tantos daños ambientales y socioeconómicos genera en la actualidad.

Para EPAM LTDA y para el grupo de profesionales que laboró en este proyecto fué una grata experiencia el haber podido trabajar hombro a hombro con Uds. en el estudio de los problemas - puestos a nuestra consideración. Quisiéramos expresar nuestros agradecimientos por la colaboración recibida de todo el personal de la CAR y del Distrito Especial que tuvo que ver - con el estudio, de manera especial del personal técnico y ejecutivo de la División de Ingeniería Ambiental, del Programa - de Industrias Extractivas y de la Subdirección Técnica de esa importante entidad.

Atentamente,



ALFONSO PEREZ PRECIADO
Director del Estudio.

Anexo: lo anunciado.

APP/ebo.

CONTENIDO

VOLUMEN 0: RESUMEN EJECUTIVO

INTRODUCCION.....	I
1. DIAGNOSTICO DE LA INDUSTRIA EXTRACTIVA.....	III
1.1 El marco geográfico.....	III
1.2 Diagnóstico de la actividad extractiva.....	VI
2. EL PLAN DE ORDENACION Y MANEJO DE LA INDUSTRIA EXTRACTIVA.....	XVI
2.1 Los objetivos del plan propuesto.....	XVI
2.2 Las estrategias.....	XVII
2.3 Las tácticas.....	XXI
3. METODOLOGIA EMPLEADA.....	XXXIX
3.1 Objetivos y alcance del estudio.....	XXXIX
3.2 Metodología empleada.....	XL

Parte I: EL DIAGNOSTICO DE LA INDUSTRIA EXTRACTIVA

VOLUMEN I: GEOLOGIA DE LOS MATERIALES EXTRACTIVOS

Capítulo 1. GEOLOGIA DE LOS MATERIALES EXTRACTIVOS.....	1
INTRODUCCION.....	1
1. EL CUADRO GEOLOGICO REGIONAL.....	8
1.1 Estratigrafía.....	8

1.2	Tectónica.....	26
2.	TIPOS DE MATERIALES.....	39
2.1	Materiales consolidados.....	39
2.2	Materiales no consolidados.....	46
3.	EVALUACION DE LOS MATERIALES.....	55
3.1	Evaluación geológica de los materiales.....	55
3.2	Evaluación y consideraciones geotécnicas para la explotación de los materiales.....	57
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
4.1	Areas de mayor potencial de explotación.....	60
4.2	Cuantificación de las reservas.....	73
4.3	Calidad y utilidad de los materiales.....	78
	Bibliografía.....	101

VOLUMEN 1A. ANEXO AL VOLUMEN I SOBRE GEOLOGIA DE
LOS MATERIALES

ANEXO No. 1.	Calidad de los materiales.....	113
ANEXO No. 2.	Cálculo de reservas de los materiales extractivos.....	148
ANEXO No. 3.	Investigación geoelectrica para reservas de gravas y arenas.....	190
ANEXO No. 4.	Anexo fotográfico.	

VOLUMEN II: LA SITUACION ACTUAL DE LA INDUSTRIA EXTRACTIVA

Capítulo 2:	LA SITUACION ACTUAL DE LA INDUSTRIA EXTRACTIVA.	267
	INTRODUCCION.....	268

1.	CLASIFICACION Y VOLUMEN DE LAS INDUSTRIAS.....	275
1.1	Aspectos generales.....	275
1.2	Situación a nivel de toda la zona de estudio.....	294
1.3	Diferencias regionales.....	297
2.	ASPECTOS TECNICOS.....	304
2.1	Sistema de explotación.....	304
2.2	Método de avance de la explotación.....	311
2.3	Altura o profundidad de cortes.....	312
2.4	Pendiente de taludes.....	314
2.5	Naturaleza litológica de los materiales utiliza- dos.....	314
2.6	Fuentes de agua utilizadas y su consumo.....	321
3.	PROBLEMAS AMBIENTALES LIGADOS A LA EXPLOTACION....	332
3.1	Vegetación y uso de la tierra.....	332
3.2	Impacto sobre las fuentes de agua.....	334
3.3	Impacto sobre erosión e inestabilidad de tierras..	337
3.4	Aporte de sedimentos y obras de retención.....	338
3.5	Contaminación atmosférica.....	341
3.6	Uso de obras o sistemas de rehabilitación morfoló- gica y vegetal.....	343
3.7	Afectación del paisaje.....	346
4.	ASPECTOS SOCIOECONOMICOS.....	357
4.1	Aspectos generales.....	357
4.2	Producción física y económica de las industrias...	359
4.3	Estructura de la industria según tamaños.....	379
4.4	Insumos técnicos y energéticos.....	387
4.5	Empleo y salarios.....	390

4.6	Algunos aspectos sociales de la actividad extractiva.....	400
4.7	Mercadeo y comercialización.....	404
5.	REGIMEN DE TENENCIA Y EXPLOTACION.....	421
5.1	Aspectos generales.....	421
5.2	Régimen de tenencia según tipo de explotación.....	423
5.3	Régimen de tenencia según el tamaño.....	424
5.4	Industrias de propiedad oficial.....	428
6.	ESTADO LEGAL DE LAS EXPLOTACIONES.....	434
6.1	Aspectos generales.....	434
6.2	Estado legal.....	434
6.3	Vigencia de los permisos o licencias.....	436
6.4	Solicitudes y estudios presentados.....	437
6.5	Distribución de industrias según sanciones recibidas.....	439
ANEXO No. 1.	Cálculo de la producción física ajustada...	445
ANEXO No. 2.	Instructivo del censo.....	450
	Bibliografía.....	470
VOLUMEN III. CONDICIONANTES AMBIENTALES, URBANOS Y JURIDICO-INSTITUCIONALES		
Capítulo 3. EL IMPACTO AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA EXTRACTIVA.....		
		471
	INTRODUCCION.....	472
1.	ZONIFICACION.....	476
1.1	Aspectos metodológicos.....	476

1.2	Unidades mayores: geomorfología.....	478
1.3	Unidades de suelos.....	481
1.4	Vegetación y uso del suelo.....	484
1.5	Las unidades de zonificación.....	486
2.	VALORACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL.....	488
2.1	Aspectos metodológicos.....	488
2.2	Establecimiento de escalas.....	490
2.3	Aplicación de escalas.....	501
2.4	Homogeneización de valores sectoriales.....	502
2.5	Ponderación de valores sectoriales.....	503
2.6	Valor ambiental agregado.....	508
2.7	Cualificación del valor.....	508
3.	DETERMINACION DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA INDUS- TRIA.....	511
3.1	Aspectos metodológicos.....	511
3.2	Clasificación de los valores obtenidos.....	513
4.	GENERACION DE ALTERNATIVAS.....	516
4.1	Utilización del mapa de impacto ambiental.....	516
4.2	Las zonas de mayor potencial extractivo.....	518
	Documentos consultados.....	540
	ANEXO No. 1. Ficha de encuesta de expertos.....	542
	ANEXO No. 2. Evaluación de la aptitud sedimentógena de la cuenca.....	543
	Capítulo 4. CONDICIONANTES DEL DESARROLLO URBANO.....	549
	INTRODUCCION.....	550

1.	LA DEMANDA DE MATERIALES.....	553
1.1	Aspectos generales.....	553
1.2	Demanda de materiales para construcción.....	554
1.3	Demanda de materiales para infraestructuras urbanas.....	559
1.4	Demanda de materiales para infraestructuras extraurbanas.....	560
1.5	Resumen de la demanda.....	562
	Documentos consultados.....	564
2.	EL DESARROLLO URBANO.....	576
2.1	Aspectos generales.....	576
2.2	Antecedentes.....	577
2.3	Tendencias del desarrollo físico de Bogotá.....	581
2.4	Disponibilidad de espacio para futuros desarrollos en Bogotá.....	583
2.5	Áreas de mayores desarrollos en el futuro, en el Distrito Especial de Bogotá.....	584
2.6	La situación en los demás municipios de la Sabana.	586
3.	LA INFLUENCIA DE LOS COSTOS DEL TRANSPORTE EN EL MODELO DE LOCALIZACIÓN DE LAS INDUSTRIAS.....	611
3.1	Aspectos generales.....	611
3.2	Modalidades de transporte y componentes de precios	612
3.3	Análisis de los datos de las encuestas.....	613
3.4	Las zonas de comportamiento de los precios del transporte.....	617
	Bibliografía.....	622

Capítulo 5: ASPECTOS LEGALES E INSTITUCIONALES.....	630
INTRODUCCION.....	631
1. NORMAS DE CARACTER NACIONAL QUE REGULAN LA INDUS <u>TRIA</u> EXTRACTIVA.....	634
1.1 Las normas.....	634
1.2 Las competencias.....	635
2. NORMAS DE CARACTER REGIONAL APLICABLES A LA INDUS <u>TRIA</u> EXTRACTIVA.....	639
2.1 Territorio de la CAR.....	639
2.2 Territorio del Distrito Especial de Bogotá.....	640
3. NORMAS GENERALES QUE REGULAN LOS PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS.....	647
3.1 Código Administrativo.....	647
3.2 Código de Policía y régimen contravencional.....	649
3.3 Normas para concesión de permisos y sanciones.....	650
4. JURISPRUDENCIA.....	656
4.1 El ejercicio de los atributos de la propiedad o dominio.....	657
4.2 Responsabilidad civil extra contractual.....	658
4.3 Prueba de hecho dañoso y de la culpa imputable al autor del mismo, en caso de daños ambientales..	659
4.4 Control de la legalidad de la actividad administra <u>tiva</u> en el otorgamiento de permisos e imposición de sanciones.....	659
4.5 Aplicación del procedimiento del Código Nacional de Policía para la aplicación de sanciones.....	660

4.6	Legalidad del Decreto 1541 de 1978.....	661
5.	PROBLEMAS ADMINISTRATIVOS LIGADOS AL CONTROL DEL EJERCICIO DE LA INDUSTRIA EXTRACTIVA.....	663
5.1	Aplicación de normas.....	663
5.2	Criterios técnicos.....	665
5.3	Oposición de normas jurídicas.....	666
5.4	Problemas de coordinación interinstitucional.....	668
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	671
Parte II. PLAN DE ORDENACION Y MANEJO DE LA INDUSTRIA EXTRACTIVA		
VOLUMEN IV. PLAN DE ORDENACION Y MANEJO DE LA INDUS- TRIA EXTRACTIVA		
Capítulo 1. OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS GLOBALES.....		674
INTRODUCCION.....		675
1.	OBJETIVOS DEL PLAN.....	677
1.1	Antecedentes.....	677
1.2	Los objetivos del Plan.....	685
2.	LAS ESTRATEGIAS.....	687
2.1	El modelo de ordenación espacial.....	687
2.2	El modelo de manejo institucional.....	693
2.3	Proposición de alternativas.....	696
Capítulo 2. LAS TACTICAS O LOS MEDIOS ESPECIFICOS DE ACCION.....		701

INTRODUCCION.....	702
1. MEDIOS TECNICOS.....	703
1.1 Objetivos y alcance: definición.....	703
1.2 Evaluación de alternativas.....	704
2. MEDIOS AMBIENTALES.....	732
2.1 Definiciones y objetivos.....	732
2.2 Estabilidad de taludes.....	732
2.3 Rehabilitación y protección ecológica.....	753
2.4 Seguridad industrial.....	786
2.5 Costos de la aplicación de medidas ambientales....	801
2.6 Planes de rehabilitación morfológica y ecológica de canteras tipo.....	808
3. MEDIOS EDUCATIVOS Y DIVULGATIVOS.....	813
3.1 Definiciones y objetivos.....	813
3.2 Antecedentes y justificación.....	813
3.3 Metodología.....	814
3.4 Financiación.....	819
4. MEDIOS LEGALES E INSTITUCIONALES.....	820
4.1 Objetivos y alcance.....	820
4.2 Antecedentes.....	820
4.3 Soluciones propuestas.....	827
4.4 Costos básicos del programa de administración y control de industrias extractivas.....	838
5. MEDIOS FINANCIEROS Y FISCALES.....	840
5.1 Definiciones y objetivos.....	840
5.2 Medios de financiación corrientes.....	840

5.3 Mecanismos fiscales como instrumentos de financiación y gestión del plan de ordenación de la industria extractiva.....	842
--	-----

VOLUMEN IV - A: ANEXOS AL VOLUMEN IV SOBRE EL PLAN DE ORDENACION Y MANEJO

ANEXO No. 1. Método empleado para la evaluación de alternativas de localización de industrias extractivas.....	849
ANEXO No. 2. Proyecto de consulta al Consejo de Estado..	859
ANEXO No. 3. Proyecto de reglamentación unificada de la industria extractiva en el área de jurisdicción de la CAR.....	865
ANEXO No. 4. Delimitación de unidades de explotación prioritarias.....	906
ANEXO No. 5. Planes de rehabilitación morfológica y ecológica de las canteras tipo.....	916

VOLUMEN V: ANEXO DE TABULADOS DEL CENSO DE LA INDUSTRIA EXTRACTIVA

Parte I: Clase de industria (Tablas 01 a 05).....	1
Parte II: Aspectos técnicos (Tablas 06 a 26).....	21
Parte III: Problemas ambientales (Tablas 27 a 42).....	57
Parte IV: Aspectos socioeconómicos (Tablas 43 a 84).....	73
Parte V : Regimen de tenencia y explotación (Tablas 85 a 97).....	165

Parte VI: Estado legal de la explotación (Tablas 98 a 105)..... 177

VOLUMEN VI: ATLAS DE CARTAS TEMATICAS

<u>Plano No.</u>	<u>Descripción</u>
G-1	Mapa geológico de materiales (1)
G-2	Zonas prioritarias para explotación de materia <u>les</u> (1)
1 a 12	Mapa geológico de la industria extractiva a escala 1:50.000 (12 planchas).
C-1	Distribución de la producción física en las distintas zonas censales (1)
C-2	Localización de las industrias extractivas (1)
A-1	Mapa de impacto ambiental de la industria - extractiva (1)
A-2	Zonificación climatológica según factores erosivos y sedimentógenos (1)
ZP-1	Zona de Soacha-Sibaté-Tunjuelito. Plan indi <u>cativo</u> (1)
ZP-2	Zona de El Codito. Plan indicativo (1)
ZP-3	Zona de Mondoñedo. Plan indicativo (1)
ZP-4	Zona de Tocancipá-Guasca-Sopó. Plan indicativo (1)
ZP-5	Zona de La Punta. Plan indicativo (1)
T-2-1	Recebera Cruz Verde. Plan de explotación y reha <u>bilitación</u> morfológica y ecológica (1)
T-2-2	Arenera de El Pesebre. Plan de explotación y reha <u>bilitación</u> morfológica y ecológica (1)

- T-2-3 Arenera Soratama. Plan de explotación y rehabilitación morfológica y ecológica (1)
- T-2-4 Areneras de El Codito. Plan de explotación y rehabilitación morfológica y ecológica (1)
- T-2-5 Recebera Represa del Neusa. Plan de explotación y rehabilitación morfológica y ecológica (1)
- T-2-6 Arenera Las Delicicas. Plan de explotación y rehabilitación morfológica y ecológica (1).
- T-2-7 Cantera de Las Manas. Plan de explotación y rehabilitación morfológica y ecológica (1)
- T-2-8 Gravillera La Cuesta. Plan de explotación y rehabilitación morfológica y ecológica (1).
- T-2-9 Chircales de Patio Bonito. Plan de explotación y rehabilitación morfológica y ecológica (1)

ANEXOS ENTREGADOS EN UN SOLO EJEMPLAR

- 1) Anexo de programas de computador empleados en el procesamiento del censo.
- 2) Anexo de listados del computador de las industrias censadas.
- 3) Formularios del censo (originales).

Capítulo 1

GEOLOGIA DE LOS MATERIALES
EXTRACTIVOS.

Capítulo 1

GEOLOGIA

INTRODUCCION

1. Objetivos y alcance

El principal objetivo es la evaluación regional de las diferentes formaciones geológicas que conforman la cuenca alta del Río Bogotá para la elaboración del Mapa Geológico de Materiales.

Desde el punto de vista práctico, el Mapa Geológico de Materiales permite cuantificar regionalmente la distribución de los diferentes tipos de materiales para ser utilizados en la industria de la construcción, además de servir de guía para su búsqueda con fines específicos. Esta información básica, integrada con la información ambiental, permite planificar el desarrollo de la industria extractiva del área en consideración.

2. Antecedentes

Los estudios geológicos realizados en la Sabana de Bogotá, han sido particularmente intensivos para la identificación y diferenciación de las diferentes formaciones geológicas y han aportado el actual conocimiento estratigráfico.

La cartografía geológica ha sido realizada por INGEOMINAS a escala general (1:100.000, y 1:200.000 para la parte occidental de -

la cuenca).

No obstante el actual conocimiento estratigráfico del Cretáceo, las unidades cartografiadas agrupan varias formaciones de gran interés para el presente estudio.

Asimismo, las formaciones del Cuaternario no han sido diferenciadas y aparecen en los mapas geológicos como una sola unidad, debido a que el actual conocimiento estratigráfico es relativamente reciente y faltan investigaciones en diferentes valles.

Fuera del país, los primeros trabajos de geología aplicada a nivel de inventarios y evaluación de materiales para diversos fines en la industria, se comenzaron a realizar en los países industrializados después de la Segunda Guerra Mundial, donde las fuentes de materiales han llegado a estudiarse en forma detallada dado el alto grado de comercialización alcanzado.

Un aporte valioso en los métodos de evaluación geotécnica a nivel regional, en los cuales se incluyen las fuentes de materiales para fines múltiples, ha sido realizado por investigadores surafricanos y australianos, mediante el uso de técnicas de fotointerpretación con criterios geológicos y geomorfológicos.

En el país, los trabajos de evaluación geológica regional de materiales para la industria, han sido escasos, generalmente locales y restringidos a determinados usos. Fue así como el Ministerio de Obras Públicas y Transporte realizó en 1982 los primeros estudios a nivel nacional sobre inventario y evaluación de mate-

riales para la construcción y conservación de carreteras.

3. Metodología

El estudio realizado para la elaboración del Mapa Geológico de Materiales utilizados en la industria extractiva comprendió dos etapas principales, de las cuales la primera permitió recopilar y complementar la información geológica de toda el área y la segunda abarcó la evaluación geológica de las diferentes unidades en el terreno, determinando la calidad y utilidad de los materiales.

Etapas de recopilación y complementación de la información geológica

Esta actividad abarcó la revisión y evaluación de la información geológica disponible, tanto cartográfica como en publicaciones referentes a la estratigrafía y geología estructural de la Sabana, así como de algunas investigaciones locales realizadas para la evaluación de agregados y otros materiales para la industria de la construcción.

Fotointerpretación geológica

Con base en la cartografía obtenida, se comprobó que la información geológica existente en los mapas era inadecuada para los fines específicos del estudio; la fotointerpretación permitió individualizar regionalmente las diferentes formaciones de edad cretácea que aparecían cartografiadas en una sola unidad; se delimitaron las unidades del Cuaternario, cuya cartografía es inexistente y asimismo,

dentro de esta actividad, se identificaron sectores potencialmente explotables por la posición estructural de las unidades y se determinaron áreas potenciales de acumulación de gravas y arenas para su posterior evaluación.

Etapa de evaluación y comprobación en el terreno

Esta etapa del estudio tuvo por finalidad precisar la información obtenida acerca de la calidad, cantidad y usos posibles del material o materiales que constituyen las formaciones geológicas, haciendo especial énfasis en las observaciones y descripciones de las canteras en explotación.

Para lograr estos objetivos se realizaron las siguientes actividades:

- Reconocimiento de campo.
- Ensayos de granulometría.
- Sondeos geoelectricos de resistividad.
- Análisis petrográficos.
- Análisis de rayos X.

Reconocimiento de campo: Durante esta etapa se realizaron varios recorridos por las vías que cortan las diferentes formaciones geológicas, con el fin de verificar la información procesada y a la vez realizar una evaluación regional de las diferentes unidades litológicas, habiéndose cumplido las siguientes actividades:

- Determinación de las características petrográficas, mineralógicas y texturales de las rocas que constituyen las formaciones geológicas de interés para la industria extractiva.
- Descripción de las formaciones recientes del Cuaternario, incluyendo los depósitos aluviales y de vertiente, su espesor, granulometría y composición de sus materiales.
- Determinación de las propiedades fisico-mecánicas de los materiales en diferentes canteras, en las que se realizaron observaciones sobre los sistemas de explotación.
- Toma de fotografías para ilustrar algunas características del material explotado, unidades litológicas de interés y áreas de explotación.

Ensayos de granulometría: Se tomaron muestras de las diferentes formaciones explotables como fuentes de arena. Este tipo de ensayos permitió conocer la gradación de las arenas para determinar su calidad y utilidad.

Sondeos geoelectricos: Se realizaron varios sondeos geoelectricos para la evaluación de los depósitos de grava y arena, ubicados generalmente en las zonas planas de los valles de los ríos. Este método geofísico es muy apropiado, porque permite diferenciar niveles de arenas, gravas y arcillas por sus contrastes de resistividad eléctrica, lográndose investigar en forma rápida los espesores y extensión de estos depósitos, a fin de realizar el cálculo de volumen de los materiales existentes.

Análisis petrográficos y de Rayos X: La determinación de las características composicionales y texturales de las areniscas, fueron complementadas con los análisis petrográficos de secciones delgadas observadas al microscopio y la toma de fotos en colores al microscopio, las cuales ilustran la relación entre los granos, sus tamaños, tipos de constituyentes, porosidad, etc.

Los análisis de rayos X permiten determinar el tipo de arcillas presentes y dan valores aproximados de los porcentajes de los constituyentes en las unidades que pueden ser explotables.

La información geológica así obtenida fué analizada para definir las diferentes unidades del Mapa Geológico de Materiales y establecer las áreas de mayor densidad y potencial de materiales, así como las áreas más favorables para el desarrollo de la industria extractiva desde el punto de vista geológico y geotécnico, e identificar las zonas de explotación restringida.

El mapa geológico de materiales se presenta a dos escalas:

- Una escala semidetallada, al 1:50.000, en 12 planchas - que cubren toda la cuenca.
- Una escala general, sintética, al 1:100.000, en colores.

Al final del texto principal se presentan, en este mismo volumen, los anexos de calidad de los materiales, cálculo de reservas, sondeos geoelectrónicos. En un volumen separado se presenta el anexo fotográfico.

1. EL CUADRO GEOLOGICO REGIONAL

1.1 ESTRATIGRAFIA

1.1.1 Generalidades

La región correspondiente a la cuenca alta del Río Bogotá ha sido objeto de varios estudios sedimentológicos, entre los que se destacan los de Julivert (1962), Aalto (1972) y Pérez y Salazar (1973), además de una serie de estudios geológicos y paleontológicos que comienzan con Hettner (1892), siguen con Scheibe (1934) y, en las épocas de Hubach (1931 a 1957), Royo y Gómez (1941 a 1945), Van der Hammen (1954 a 1958), Burgl (1955 a 1961) y Julivert (1961 a 1963), presenta el mayor número de publicaciones al respecto.

En términos globales se puede decir que la citada región es relativamente sencilla en lo que respecta a sus materiales pétreos se dimentarios, ya que en general solo existen conglomerados, areniscas y arcillolitas o arcillolitas limosas, llamadas en general lutitas, los cuales macroscópicamente no presentan mayor dificultad para su distinción entre sí. No obstante lo anterior, el hecho de estar comunmente presentes e intercalados en las diferentes formaciones o unidades geológicas en que ha sido dividida esta cuenca, junto con la tectónica a que ha sido sometida, hacen que la determinación en detalle y el seguimiento de estas unidades sea difícil, por lo cual se hace necesaria una descripción de la estra tigraffa y un análisis de la tectónica y las estructuras producidas, con el objeto de poder solucionar estos problemas.

1.1.2 Materiales consolidados

En ésta sección se hará una descripción general y somera sobre las diferentes unidades cartográficas o formaciones geológicas que se presentan en el área de estudio, comenzando por la más antigua.

Formación Chipaque

Es una unidad constituida fundamentalmente por shales que contrastan fuertemente con las dos unidades que la limitan: por encima la Arenisca Dura de la Formación Guadalupe y en su base las areniscas de la Formación Une, por lo cual destaca claramente con un relieve suave. Hay que señalar dentro de esta formación un nivel de carbón hacia la parte media y unos bancos de caliza con rica fauna.

Espesor: El espesor general calculado varía entre 800 y 900 m. En esta cuenca solo afloran los niveles superiores y está restringida su presencia al núcleo de algunos anticlinales.

Edad: Con base en la paleontología estudiada, tanto de esta unidad como de las que están en contacto, la Formación Chipaque puede considerarse que comprende la parte alta del Cenomaniano, el Turoniano y parte baja del Coniaciano.

✓ Grupo Guadalupe

Muy variado ha sido el tratamiento y los límites que se le han

impuesto a esta unidad desde su creación como formación por Hettner (1892), no siendo éste el caso para plantear y discutir el pensamiento de diferentes autores. Baste con observar el cuadro No.G-1-1. tomado de Pérez y Salazar (1973) donde se presentan en forma clara las diferencias.

Para el presente estudio se ha seguido primordialmente una subdivisión ajustada a los objetivos prácticos que se persiguen, referentes a la utilidad de los materiales. Ella es la propuesta por Pérez y Salazar (modificada), la cual da al Guadalupe el rango de "grupo" y a sus unidades el de "formación" (ver cuadro No. G-1-1).

El Guadalupe está comprendido entre las formaciones Chipaque, en la base, y Guaduas, en el techo, y está constituido por 3 formaciones claramente diferenciales en el campo y cartografiables debido a sus características geomorfológicas, las cuales se denominan así:

- Formación Arenisca Dura (base).
- Formación Plaeners.
- Formación Areniscas de Labor y Tierna (techo).

La Formación Arenisca Dura está formada por espesos bancos de areniscas de color gris claro, de grano muy fino, con intercalaciones delgadas de plaeners de carácter lodolítico, arcillolítico o silíceo. Al microscopio, una muestra de esta formación se -

clasificó como una cuarzo arenita de grano muy fino, con cemento silíceo y alta madurez textural y composicional (ver anexo petrográfico muestra E-3), por lo cual es utilizada para agregados; - su aspecto es homogéneo en los diferentes bancos observados. En toda la cuenca se destaca por su expresión morfológica acentuada de escarpes y algunas veces en escalones por las intercalaciones mencionadas (foto No.1), principalmente hacia la base de la unidad, cerca al contacto con la Formación Chipaque.

El espesor de esta formación es el más importante del Grupo; según Hubach (1957) y Julivert (1963), el total alcanza 300 m.; pero según Pérez y Salazar (1978) en su estudio detallado del Guadalupe, la Formación Arenisca Dura, medida en el carretable al Alto del Cable, alcanza un total de 450 m.

- ✓ La Formación Plaeners se caracteriza por su estratificación delgada en capas de 5 cms. de espesor y partición en forma de prismas o "panelitas" y su composición variada a base de arcillolitas (50%), chert o liditas muy silíceas (25%), limolitas (20%) y - cuarzoarenitas muy finas (5%), todas con rica fauna en microfóraminíferos.

La formación en general se destaca muy bien por su morfología suave situada entre dos unidades resistentes arenosas, por lo cual - forma valles o collados fácilmente identificables en el campo (fotos Nos. 1 y 2). El espesor de esta unidad ha sido estimado en forma diferente pero se estima que el promedio es de 120 m. (col. fig.G-1-2), aunque hacia el occidente este espesor tiende a aumentar. Por otro lado, el carácter predominantemente arcilloso le -

da una plasticidad al conjunto que lo hace propicio para los replegamientos (foto No. 27), llegando en algunos sectores, como - en la zona al sur de Terreros (Hacienda Tibanica), a ocupar una gran extensión areal. En esta zona los niveles son explotados por SICO (ver foto No. 30.).

En la formación superior de Arenisca de Labor y Tierna se vuelve a presentar una estratificación en bancos gruesos predominantes, con algunas intercalaciones de plaeners arcillosos y limosos hacia la parte media.

Petrográficamente está constituida por cuarzo arenitas que van desde grano fino en la base (Arenisca de Labor) hasta grueso y algunas finamente conglomeráticas en la parte alta (Arenisca - Tierna) (ver anexo petrográfico muestra E-1 y E-5). El color varía de gris claro a amarillento, lo que obedece al cementante silíceo y ferruginoso respectivamente (fotos 7 a 15). La compactación es inferior a la Arenisca Dura. Sin embargo, morfológicamente el conjunto de las areniscas de Labor y Tierna resaltan por encontrarse en el contacto inferior con el nivel de Plaeners y en el superior con la Formación Guaduas, de predominio de arcillas (foto No. 4).

Estas areniscas son pobres en fósiles, aunque algunos ostracodos y foraminíferos han sido identificados.

El espesor, aunque variable como se aprecia en las columnas adjuntas, puede considerarse que presenta un promedio de 220 m.

Para efectos de la cartografía se integraron las dos areniscas Labor y Tierna en una sola formación. Sin embargo en algunos sectores se separaron en dos unidades: K1 y Kt.

Sintetizando, la Formación Guadalupe presenta un espesor total que oscila entre 700 y 800 m. (ver columnas fig. G-1-3 y G-1-4).

Edad: La edad del conjunto marino de las areniscas y los plaeners del Guadalupe, según la fauna estudiada por diferentes autores, se extiende desde el Coniaciano hasta el Maestrichtiano medio, sin abarcar todo este piso y su ambiente de depositación es alternante entre el litoral y el sublitoral interior.

Formación Guaduas

Bautizada así por Hettner (1892), fué redefinida en forma definitiva por Hubach (1957), quien la divide en tres conjuntos, de los cuales el superior lo constituyen lutitas o arcillolitas - plásticas de diferentes colores-rojas, azules, verdes, amarillas, grises y violáceas, comunmente llamadas "abigarradas", - entre las que se presentan niveles de carbón no explotables e intercalaciones menores de areniscas.

El conjunto medio está determinado por dos niveles de areniscas. En la base la Arenisca Guía y en la parte superior la Arenisca Lajosa. Entre las dos se presentan arcillolitas grises oscuras compactas, algunas carbonáceas, y varios mantos de carbón explotables que aumentan en número y espesor de sur a norte, ya que

de 21 mantos en el extremo norte de la cuenca (zona de Lenguaza que) se pasa a 8 en la parte media de la Sabana y luego aparece uno en el sur que se extingue en el Alto Tunjuelo.

Es de anotar que los niveles de areniscas Guía y Lajosa con mucha frecuencia no afloran en varias partes de la zona estudiada, lo cual puede ser debido a cambios de facies, pinchamientos, discordancias locales o causas tectónicas. Ambas areniscas presentan una composición mineralógica muy semejante a las del Guadalupe pero con mayor contenido en arcilla, es decir son cuarzo arenitas de grano medio a grueso y se presentan formando crestones no tan pronunciados debido a su escaso espesor, de alrededor de 20 m. cada una (foto No.17). Son notorios también los cambios observados de sur a norte, ya que la Guía es muy constante en la zona del Tunjuelo y Soacha, mientras al norte, en la zona de Zipaquirá, sólo se observaron niveles muy delgados de areniscas sucias colores violáceos (foto No. 16), cuyas características al microscopio corresponden a arenitas líticas micáceas de grano fino, con algo de matriz arcillosa (anexo petrográfico muestra E-4), cuyo origen es ya netamente continental e indica una fase de levantamiento rápido de la cordillera. Estos niveles pertenecen al conjunto superior del Guaduas.

El conjunto inferior lo constituyen lutitas grises, algunas con fósiles aplastados y niveles con colores rojos y violáceos. La posición del Guaduas en la Sabana de Bogotá entre la Arenisca del Cacho y la Arenosca de Labor y Tierna del Guadalupe, acompañada de su característica riqueza en carbón, facilita extraordinariamente su determinación en el terreno.

Las lutitas del Guaduas carecen casi por completo de modernos análisis de difracción de rayos X, microscopia electrónica y otros que permitan establecer que tipo de arcilla predomina, pero en un análisis preliminar hecho para este trabajo con difracción de rayos X se observa un predominio de cuarzo (mas del 50%), seguido en proporción por caolinita y en menor cantidad (trazas) haloisita (ver gráfico correspondiente). Son necesarios análisis de muestras tomadas de los diferentes niveles lutíticos de la formación con el objeto de poderla caracterizar mineralógicamente y utilizarla para otros posibles fines.

Espesor: El más aceptado en general para los tres conjuntos del Guaduas oscila entre 700 y 1000 m. observándose mayor desarrollo en los sinclinales del Río Frío y en los anticlinales de Suesca y Guatavita. En éste último, cerca al pueblo de Guatavita, se considera la localidad tipo de la Formación (ver columna figura G-1-5).

Edad: El conjunto inferior y la parte inferior del medio corresponden al Maestrichtiano, por la presencia de microforaminíferos. Dentro del conjunto superior se colocaría el límite Cretáceo-Paleoceno, de manera que su edad es Maestrichtiano Superior-Paleoceno Inferior. Por la litología que presenta y los niveles de carbones se deduce que el ambiente de depositación es el transicional de litoral a netamente continental lacustre, pasando por el de zonas pantanosas con influencia marina, causante de la formación de carbones.

Formación Cacho

Está constituida por bancos espesos de areniscas, con delgadas intercalaciones de lutitas, que resaltan notoriamente en el paisaje formando crestones (foto No.4), ya que están en contacto inferior con lutitas del Guaduas y en contacto superior con lutitas de la Formación Bogotá.

El color, la composición y el tamaño de grano, así como el cemento, varían en los diferentes sitios donde se presentan. Se analizaron 3 muestras diferentes al microscopio (ver anexo petrográfico muestras E-2, E-6 y E-7), en las cuales se puede apreciar su carácter friable, abundancia en cuarzo, cemento ferruginoso o caolinítico y tamaño de grano que varía de medio a grueso.

A todo lo largo y ancho de la Cuenca Alta del Río Bogotá, la Formación Cacho es bastante constante y muy explotada para extracción de arenas (fotos Nos. 18 a 21).

Espesor: Es bastante constante y se considera que varía solo entre 80 y 100 m. En los sitios donde mejor está expuesto es en los sinclinales Checua-Lenguazaque, Sesquilé y Usme.

Edad: La edad de esta formación es dudosa por la ausencia de fósiles. Sin embargo, por las relaciones estratigráficas y por palinología, se considera Paleoceno Inferior a Medio y su ambiente de depositación continental fluvial.

✓ Formación Bogotá

Está conformada casi exclusivamente por lutitas de diferentes colores, con delgadas intercalaciones de limolitas y areniscas sucias, muy parecidas a las que se presentan en el conjunto superior del Guaduas, características estas que hacen confundibles a las dos formaciones. Es aquí donde se hace importante la posición estratigráfica y la presencia o ausencia de horizontes de carbón, para poder establecer en el terreno la diferencia entre las formaciones Bogotá y Guaduas.

La Arenisca del Cacho en la base y la Arenisca de la Regadera en el techo delimitan la Formación Bogotá y sus contactos son concordantes en general. No obstante, existe una discordancia progresiva que se desarrolla principalmente en el Sinclinal de Usme, en el extremo sur de la estructura, donde la Arenisca de la Regadera corta a la Formación Bogotá.

En igual forma que con las lutitas del Guaduas, los estudios sobre el tipo de arcilla que puedan predominar en esta formación son nulos. Se realizó un análisis de rayos X con una muestra tomada al norte de La Calera con resultados muy semejantes a los de la muestra del Guaduas, es decir constituida por más del 50% de cuarzo y caolinita entre 10 y 20%. Se recomiendan análisis de este tipo en muestras de diferentes niveles, con el objeto de caracterizar mejor la formación.

Espesor: La formación en total abarca unos 2000 m. donde puede

33

limitarse por la presencia en el techo de la Arenisca de la Regadera. Sus mejores sitios de exposición son los sinclinales de Usme y el de Siecha-Sisga (ver columna figura G-1-6).

Edad: Por la ausencia de fósiles, toda asignación de edad a esta formación carece de base. Van der Hammen (1957), con base en datos palinológicos, le asigna una edad Paleoceno Superior-Eoceno Inferior. Su ambiente de depositación corresponde al continental lacustre y fluvial, con ligeros períodos paludales manifiestos en capas algo carbonosas.

✓ Formación La Regadera

Está formada por bancos de areniscas muy friables, con fuerte estratificación cruzada, color amarillo claro, grano grueso muy mal seleccionado, con lentes de conglomerado fino, ricos en fragmentos de cuarzo, lilitas y cuarzoarenitas, y delgadas láminas irregulares de arcillolitas grises y rojas muy plásticas (fotos Nos. 22 a 24), que no le quitan a la formación su carácter resistente y que le permite formar crestones importantes en los dos flancos de los sinclinales de Usme y Siecha-Sisga, únicos sitios donde se ha reconocido plenamente.

El contacto con la Formación Bogotá es neto. Sin embargo hacia el sur, en el Sinclinal de Usme, se apoya sobre niveles cada vez más bajos, hasta encontrarse en Tunjuelito casi en contacto con la Arenisca La Guía del Guaduas, constituyendo así una típica discordancia progresiva. En este sector son también frecuentes las inversiones en la inclinación de los bancos de La Regadera (ver Mapa Geológico).

El límite superior con la Formación Usme es también discordante en varios puntos, pero en otros es localmente concordante.

Espesor: Se ha estimado en 400 m. en el Sinclinal de Usme al sur, pero parece es un poco menor al norte, así como también son bancos menos arenosos y más arcillosos.

✓ Formación Usme

Esta formación presenta dos conjuntos diferenciables: el inferior, que consta principalmente de lutitas con intercalaciones de areniscas de grano fino, y el superior, formado por cuarzo arenitas friables de color amarillo, grano grueso y conglomerados finos bastante sueltos (foto No. 25).

Sólo ha sido estudiada y reconocida en su localidad tipo, en el núcleo del Sinclinal de Usme. Es posible que hacia el norte presente cambios de facies y haya sido confundida con otros niveles. Se presenta concordante en el flanco oeste de la mencionada estructura y fuertemente discordante en todo el flanco este, donde corta areniscas de La Regadera, formando ángulos de discordancia de 90° y fosilizando un relieve bastante marcado. La Formación Usme llega a apoyarse inclusive sobre niveles bajos de la Formación Bogotá en el sur de la cuenca.

Espesor: Los dos conjuntos suman un total de 120 m. en la única zona donde han sido reconocidos.

Edad: Por la presencia de foraminíferos en la parte inferior,

aunque no aportan mucho a la edad, Burgl (1955) situó en esta formación el límite entre el Oligoceno medio y el Superior y más tarde Van der Hammen, por análisis palinológico, da una edad próxima al límite Oligoceno Inferior Medio.

La Formación Usme reviste importancia estratigráfica por presentar un registro sedimentario de un ambiente marino después de un vasto período de sedimentación continental.

1.1.3 Materiales no consolidados

Corresponde a los materiales de las formaciones recientes, de edad plioceno-cuaternaria que han sido depositados por los ríos, la gravedad, el hielo o agentes mixtos, producto de los procesos denudativos y variaciones climáticas durante el Cuaternario.

Se caracterizan por su bajo grado de consolidación, se ubican en los valles de los principales ríos, generalmente relleno los núcleos sinclinales, conformando las partes planas de la Sabana o bordeando las diferentes serranías que configuran la cuenca alta del Río Bogotá.

Formación Tilatá

Esta formación aflora en los valles de los ríos principales, bordeando las zonas planas de la Sabana. Según Van der Hammen, esta unidad fué depositada después del plegamiento de la cordillera y antes del levantamiento del área. Consta de un conjunto de arenas de grano fino a grueso con lentes de gravas, gravillas.

y capas de arcillas caoliníticas en su parte inferior (fotos Nos. 33 y 34).

En el sector norte de la cuenca, esta formación se encuentra desde Villapinzón hasta el sur de la Represa del Sisga, rellenando el Sinclinal de Siecha-Sisga. Consta de arenas de grano fino a grueso, bien gradadas, con niveles lenticulares de arenas conglomeráticas y capas de arcillas.

Los valles del Río Frío, Subchoque, Siecha y Tunjuelito están constituidos por niveles de arcillas grises caoliníticas en la base y niveles de arcillas arenosas y gravas lenticulares hacia el techo.

Espesor: Por ser un relleno lacustre que fosiliza un relieve fósil, los espesores que se han dado son muy variables. En un sondeo entre Funza y Tenjo llega a ser de más de 300 m. (Hubach 1957). En el realizado en Bogotá, en la Ciudad Universitaria, se midieron 203 m. (Van der Hammen y González, 1960) y en la Laguna del Salto de Tequendama el espesor es de 120 m. (Julivert, 1961).

Edad: Ha sido muy discutida. Para Van der Hammen con base en datos palinológicos del sondeo en la Ciudad Universitaria, la Formación Tilatá abarca desde el Plioceno Superior al Holoceno. Julivert (1961) al reconocer su papel exclusivo en el relleno de las Sabanas de asigna edad pleistocena.

Formación Subachoque

Esta formación fué descrita primeramente por Van der Hammen (1973) en los valles de Subachoque y Guasca. Estratigráficamente se encuentra entre las formaciones Tilatá y Sabana.

En el valle de Subachoque consta de arcillas grises, arcillas arenosas y limos con intercalaciones de arenas y gravas en la parte más superior. Localmente las arcillas presentan un alto contenido de materia orgánica y las gravas se presentan como capas lenticulares en relleno de canales.

En las cabeceras del Río Frío esta formación constituye un depósito aluvial con niveles de gravas de 4 a 5 m. de espesor y capas de arcillas grises de 0,5 m., que alcanzan un espesor total de 30 a 50 m.

En el valle de Guasca constituye un nivel de terraza con capas de gravas y arenas de 1 a 4 m. de espesor y niveles de arcillas grises hasta de 0.5 m. Las gravas están constituidas por fragmentos de areniscas cuarzosas y alcanzan un espesor hasta de 10m. (foto No. 43).

En el sector de Chocontá consta de capas de arenas de grano fino a grueso, con intercalaciones de gravas y gravillas con fragmentos de areniscas, plaeners y cuarzo. Al este de la vía Chocontá-Villapinzón se desarrolla un nivel de gravas y cantos, principalmente de areniscas y plaeners en una matriz arcillo-arenosa, que

posiblemente corresponde a esta formación. Su espesor total en este punto es de 14 m. (foto No. 47).

Formación Sabana

Esta formación fué descrita por Hubach (1957) y comprende todos los sedimentos actuales ubicados en los valles de los ríos, formando las partes planas de la Sabana de Bogotá. Está constituida por sedimentos de diverso origen (de laguna, fluviales, de pantano y depósitos fluvio-glaciares) producto de las variaciones climáticas durante el Pleistoceno.

En la región plana de la Sabana, la parte superior de esta formación corresponde a una arcilla limosa, color gris a carmelita y con un espesor aproximado de 3 m. y ha sido reconocida como arcilla de inundación.

Dentro de esta formación se incluyen los suelos negros de la Sabana, los materiales del borde de la Sabana, los depósitos fluvio-glaciares conocidos como los conos del Tunjuelito y los ubicados en las zonas de páramos.

En los alrededores de Bojacá y Madrid -sector de la Laguna de La Herrera-, esta formación esta representada por una secuencia de limolitas, diatomitas, capas de arenas finas y cenizas volcánicas, representando un depósito de puzolanas naturales (Gómez H. 1981).

Los niveles de terrazas se desarrollan muy bien al sur de la cuca en el valle del Río Tunjuelito, en las zonas de Bosa, el Muña y en los valles principales que convergen a la zona plana de la Sabana. Su origen se ubica en el descenso del nivel de base de la erosión sufrida durante el Pleistoceno. Están formadas por arcillas blancas areno-arcillosas y limos de color marrón.

Los conos del Tunjuelito constituyen un depósito heterométrico de grandes bloques redondeados, que pueden alcanzar mas de 1 m. de diámetro en una matriz areno-arcillosa. Estos materiales presentan mayor extensión en el valle del Río Tunjuelito y el Río Soacha, delimitando localmente los depósitos aluviales recientes. Están constituidos en su mayor parte por areniscas cuarzosas del Guadalupe.

En las zonas de páramo (cabeceras del valle del Río Tunjuelito) los depósitos fluvio-glaciares están constituidos por fragmentos de gravas, cantos y bloques de diferente tamaño en una matriz areno-arcillosa (foto No.50).

Los coluviones, por su parte, se encuentran comunmente en los costados de los valles, cubriendo las diferentes unidades. Están formados por gravas, cantos y bloques de diferentes tamaños, generalmente de areniscas cuarzosas, de formas angulares en una matriz arcillo-arenosa o limo-arenosa, producto de los desprendimientos por gravedad o antiguos deslizamientos (fotos Nos. 51 y 54).

Es de importancia destacar por su extensión y el tamaño de los bloques, los coluviones ubicados cerca de Facatativá y al sur

40

CUADRO No. 6-1-1
NOMENCLATURA ESTRATIGRAFICA DEL GUADALUPE
 SEGUN DIFERENTES AUTORES

Author	Year	Stratigraphic Unit	Author	Year	Stratigraphic Unit	Author	Year	Stratigraphic Unit	Author	Year	Stratigraphic Unit	Author	Year	Stratigraphic Unit	Author	Year	Stratigraphic Unit															
HETTNER	1892	PISO DEL GUADUAS	HUBACH	1931	PISO DEL GUADUAS	HUBACH	1933	GUADUAS	HUBACH	1937	GUADUAS	BURGAL	1939	GUADUAS	C. S. F. D. G.	1961	GUADUAS	UJUETA	1961	GUADUAS	JULVERT	1962, A, B; 1963, B, 1966	GUADUAS	RENZONI	1962, 1968	GUADUAS	MCLAUGHLIN & ARCE	1969	GUADUAS	PÉREZ & SALAZAR	1973	GUADUAS
		F. GUADALUPE	A. TIERRA	A. TIERRA	A. TIERRA	A. TIERRA	A. TIERRA	TIERRA MEMBER	A. TIERRA	A. TIERRA	A. TIERRA	A. TIERRA	TIERRA MEMBER	A. TIERRA	A. TIERRA	A. TIERRA	A. TIERRA	A. TIERRA	A. TIERRA	A. TIERRA	A. TIERRA	A. TIERRA	A. TIERRA	FORMACION LABOR Y TIERRA	A. TIERRA	FORMACION LABOR Y TIERRA	A. TIERRA	FORMACION TIERRA	FORMACION TIERRA	FORMACION TIERRA	FORMACION TIERRA	
		F. GUADALUPE	PLAENERS	PLAENERS	PLAENERS	PLAENERS	PLAENERS	UPPER PLAENERS	ARENISCA DE LABOR	ARENISCA DE LABOR	ARENISCA DE LABOR	ARENISCA DE LABOR	UPPER PLAENERS	ARENISCA DE LABOR	ARENISCA DE LABOR	ARENISCA DE LABOR	ARENISCA DE LABOR	ARENISCA DE LABOR	ARENISCA DE LABOR	ARENISCA DE LABOR	ARENISCA DE LABOR	ARENISCA DE LABOR	ARENISCA DE LABOR	FORMACION PLAENERS	ARENISCA DE LABOR	FORMACION PLAENERS	ARENISCA DE LABOR	ARENISCA DE LABOR	ARENISCA DE LABOR	ARENISCA DE LABOR	ARENISCA DE LABOR	
		F. GUADALUPE	ARENISCA DURAS	ARENISCA DURAS	ARENISCA DURAS	ARENISCA DURAS	ARENISCA DURAS	DURA MEMBER	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	DURA MEMBER	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	FORMACION PLAENERS	ARENISCA DURA	FORMACION PLAENERS	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	
		F. GUADALUPE	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	LOWER PLAENERS	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	LOWER PLAENERS	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	FORMACION PLAENERS	ARENISCA DURA	FORMACION PLAENERS	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	
		F. GUADALUPE	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	RAIZAL MEMBER	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	RAIZAL MEMBER	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	FORMACION PLAENERS	ARENISCA DURA	FORMACION PLAENERS	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	ARENISCA DURA	
		F. GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	GRUPO GUADALUPE	
		F. GUADALUPE	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	GUADALUPE INFERIOR	
		F. GUADALUPE	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	VILLETA	
		F. GUADALUPE	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	FORMACION VILLETA	

Fuente: Pérez y Salazar, 1973.

de la cuenca en la región de Sibaté, donde los bloques alcanzan espesores de varios metros y pueden ser aprovechados parcialmente (foto No.54).

1.2 TECTONICA

En esta sección se establece, con base en el levantamiento cartográfico, la tectónica que afectó la cuenca alta del Rfo Bogotá y los tipos de estructuras más importantes que ella produjo.

Para facilitar la descripción y con base en las diferencias que se presentan de sur a norte en cuanto a evolución estructural, se ha dividido el área en tres zonas: septentrional, central y meridional, cada una de ellas con sus estructuras de plegamiento y fallas denominadas según otros autores o con nombre establecidos en este trabajo, para facilitar en el mapa geológico su ubicación, según los tres perfiles que se adjuntan al mapa, los cuales fueron trazados a lo largo de las tres zonas propuestas.

Zona septentrional (Perfil A-A').

Se caracteriza su parte oeste por un fallamiento de tipo inverso de gran ángulo, donde los bloques del oeste han subido con respecto a los del este y los desplazamientos o saltos de falla son aproximadamente de 300 m., contrastando con la parte oriental, donde sólo se presenta una falla de importancia, la de Nemocón, de tipo normal, de ángulo un poco menor y con levantamiento del

bloque occidental sobre el bloque oriental y en desplazamiento o salto de falla calculado en más de 1.000 m., ya que coloca en contacto las lutitas negras de la Formación Chipaque con la parte superior del Guaduas.

Las fallas inversas se encuentran todas asociadas con los flancos occidentales de los anticlinales, mientras la normal lo está con el flanco oriental del anticlinal invertido de Nemocón Norte.

Al analizar el perfil geológico correspondiente se observa un total de 13 estructuras a lo largo de 47 kilómetros de longitud.

Las dos estructuras que ocupan mayor área son los amplios sinclinales de Checua-Lenguazaque y Siecha Sisga, el primero con claras inversiones en su flanco oriental y el segundo con inversiones al N del mismo flanco pero de tipo local, en los niveles de la Regadera y Cacho. Los otros sinclinales son más estrechos pero algunos también presentan inversiones locales del mismo flanco a excepción del Sinclinal de Teusacá-Suesca que está cubierto por sedimentos recientes del Cuaternario, sin que a lo largo de las zonas aflorantes de sus flancos se observen inversiones.

Las estructuras anticlinales son en general tumbadas hacia el oeste, es decir con el flanco oeste invertido. Así se puede apreciar en los anticlinales de Carupa, de Zipaquirá y de Chocontá - Sur y nuevamente, como excepción, se presenta el Anticlinal de Nemocón Norte, que está asociado a la falla de Nemocón, con su flanco oriental invertido. Los anticlinales y las fallas están íntimamente asociados con rocas del Guadalupe, por lo cual producen una

morfología fuerte, positiva, a veces con desarrollo de replegamiento en plañers (foto No.27) y escarpes, mientras que los sinclinales se presentan en amplios valles, ocupados por rocas sedimentarias blandas del Terciario y sedimentos cuaternarios en una clásica morfología negativa.

Zona Central (Perfil B-B')

Región de plegamientos normales bastante simétricos con reducción bastante notoria de fallamiento, pues solo se presenta aflorante la falla de Teusacá y es dudosa la que estaría fosilizada por sedimentos cuaternarios en las cercanías del Río Bogotá. En ninguna de las 10 estructuras presentes se observó algún tipo de inversión importante.

Zona Meridional (Perfil C-C')

Es característica de ésta región una tectónica de fallas inversas de alto ángulo, con el labio oriental levantado en relación con el occidental y saltos de falla del orden de 400 a 500 m., produciendo bloques escalonados, situación que comienza en el valle del Magdalena, a una altura de 400 m.s.n.m. y llega hasta el Páramo de Cruz Verde, a 4.000 m., como se aprecia en el perfil de Fajardo y Llinás (1976).

Dos estructuras anticlinales importantes limitan ésta zona: el Anticlinal de Lagudita el oeste y el de Bogotá al este. Ambos tienen la particularidad de presentar en su flanco oeste un tramo normal, luego vertical y después invertido. En el perfil C-C'

el Anticlinal de "Laguadita" presenta dicho flanco invertido normalizándose hacia el sur. En cambio el Anticlinal de Bogotá se presenta a esta altura normal pero a partir del Cerro de Guadalupe se invierte su flanco oeste para volverse a normalizar en las cercanías del cierre o cabeceo del eje (carretera a La Calera) donde, junto con el cierre del Anticlinal de Usaquén, forman una "silla" o sinclinal atravesado, estructura que en pocos sitios se puede observar con tanta claridad como en éste.

Debido a la escala del perfil y a su dirección, solo se presentan entre el Sinclinal del Muña o Sibaté y el de Usme, un sinclinal, el de Soacha y dos anticlinales, el de Soacha y el de Cheba. Sin embargo, en toda la zona de Terreros, Mochuelo, Valle del Río Soacha hasta la Laguna de Colorados al sur, son varias las estructuras pequeñas locales, sinclinales y anticlinales, presentes en la región. Situación similar sucede entre la Falla de Laguadita y el Sinclinal de Sibaté, y si se continúa hacia el oeste observando el corte de Fajardo y Llinás (1976) se reconoce el mismo fenómeno o sea amplios sinclinales (de oeste a este los del Carmen o Río Sumapaz, Fusagasugá, Sibaté y Usme) - sin fallamientos en sus partes centrales, separados por zonas falladas, entre las cuales se desarrollan bloques muy tectonizados - con replegamientos menores. Esta sería en síntesis la característica tectónica de la zona meridional de la cuenca alta del Río Bogotá.

Además de las fallas y estructuras discutidas anteriormente, en esta zona sur se presenta un fuerte desarrollo de discordancia progresiva, que tal vez pudo haber empezado a comienzos de la Era

Terciaria, cuando se sucede el primer levantamiento considerable de la cordillera, dando comienzo a una depositación de ambiente continental señalada por la aparición de los primeros niveles de areniscas sucias, color violáceo con matriz y líticos de la Formación Guaduas (foto No.17), que contrastan con las arenitas cuarzosas que la infrayacen. Sin embargo su manifestación más evidente se hace a partir de los niveles superiores del Bogotá y de la Regadera.

El hecho de que el flanco oriental del Sinclinal de Usme en posición inversa sea fosilizado al sur de la línea de perfil por la Formación Usme, que nunca se presenta invertida, indica que las inversiones importantes fueron antes del depósito de los sedimentos de esta formación.

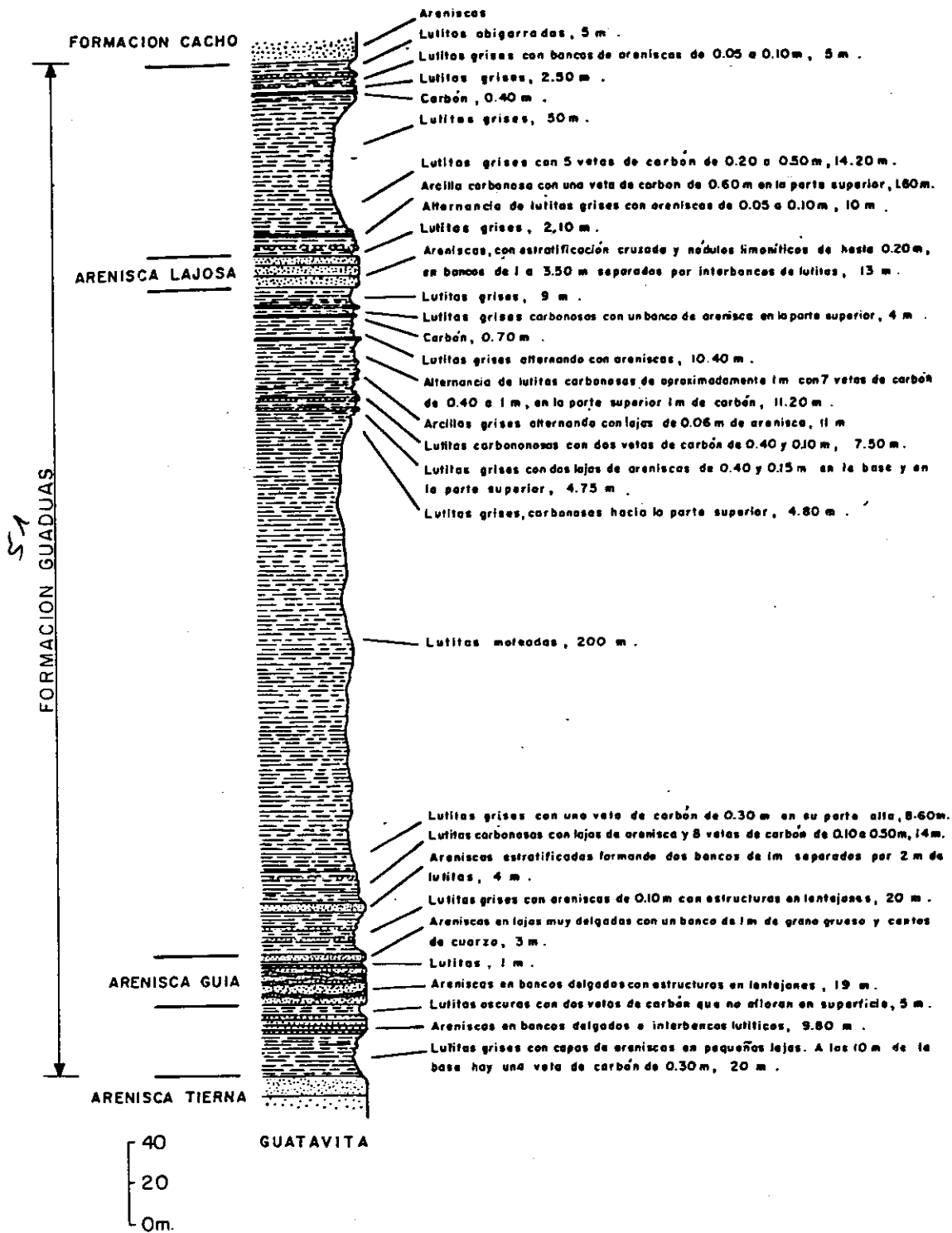
En lo referente a las causas de la formación de estructuras y fallamientos en la cuenca alta del Rfo Bogotá, Julivert (1963) ha planteado 4 mecanismos: 1) adaptación de la cobertera a deformaciones de zócalo, dando lugar a una tectónica de revestimiento; 2) halocinesis (inyecciones de masas de sal); 3) fenómenos de gravedad; 4) erosión de las bóvedas anticlinales que causan discontinuidad durante las últimas etapas de deformación.

De las causas enunciadas, indudablemente la primera es la que tiene mayor influencia, sin olvidar que la cobertura sedimentaria puede desarrollar su tectónica propia en los eventos orogénicos como resultado de los esfuerzos horizontales.

La halocinesis sin duda ha tenido influencia en la tectónica de la zona norte pero en forma secundaria.

Los fenómenos gravitatorios han perdido en la presente época interés en los análisis tectónicos. El replegamiento en los plaenens se debe principalmente a un comportamiento diferencial, con respecto a las areniscas, resultado de su plasticidad, al responder con plegamiento a los esfuerzos, mientras las areniscas lo hacen con fracturamiento y fallamiento.

Como conclusión al estudio de las 3 zonas se puede postular la posible presencia de "Fallas de Tijera" en el zócalo con dirección N-S y cuyo "pivot" o "punto medio" estaría en la zona central, asociadas a la tectónica de cobertera. Estas fallas tendrían sus bloques levantados al norte y al sur, con una adaptación de la cobertera a estas deformaciones, mientras que en la zona central, por no existir hundimiento del zócalo, se presentan más plegamientos suaves, como respuesta aislada de la cobertera a los esfuerzos compresionales.



Tomado de Pérez y Salazar (1.973)

epam Ltda.

Elaboró: Aprobó

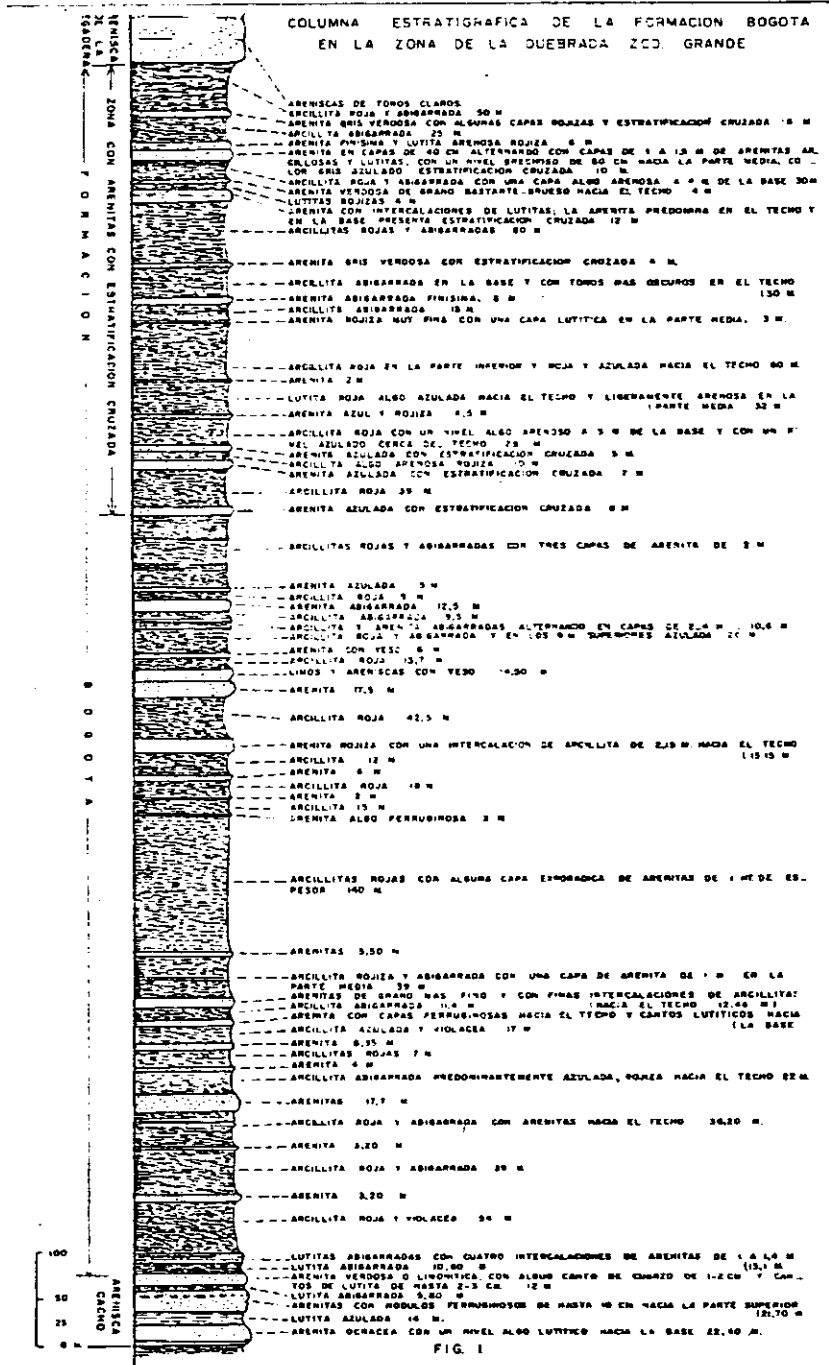
**COLUMNA ESTRATIGRAFICA
FORMACION GUADUAS**

DISTRITO
ESPECIAL
DE
BOGOTA



Fig. N°
G-1-5

52



Tomado de Pérez y Salazar (1973)

epam ltda.

Elaboró: Aprobó:

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION BOGOTA EN EL FLANCO W DEL SINCLINAL DE USME

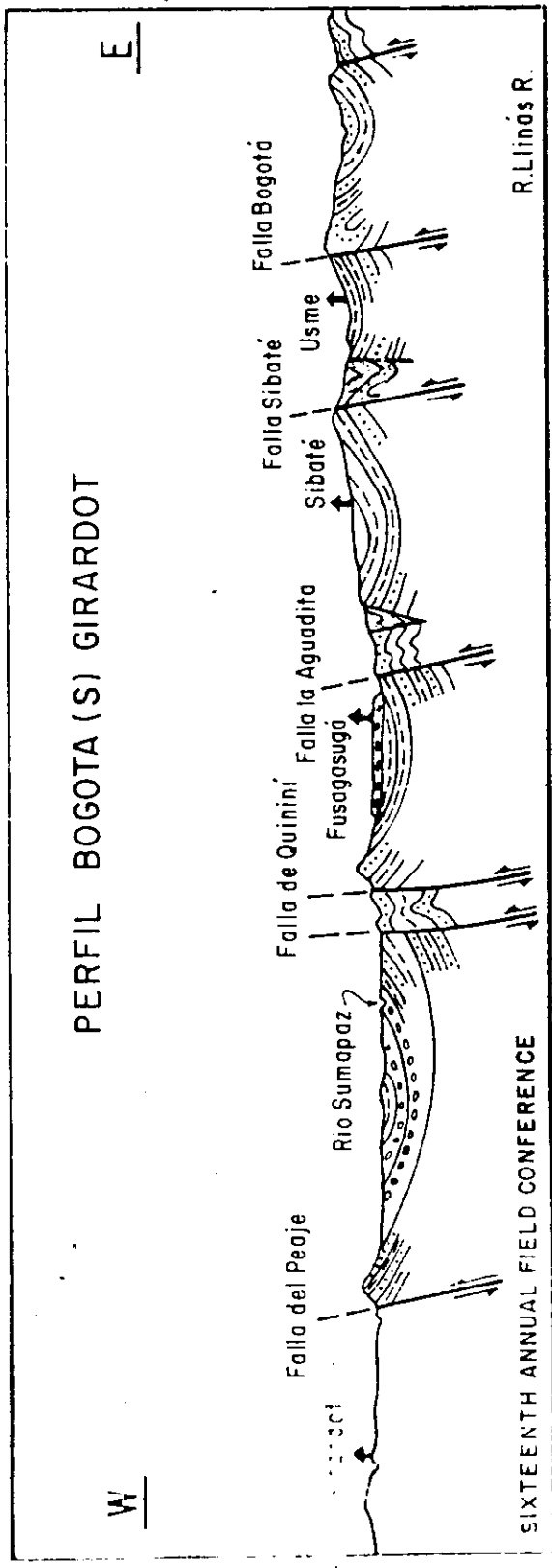
DISTRITO ESPECIAL DE BOGOTA



Fig. N° G-1-6

57

Tomado de Fajardo Llinas 1976



PERFIL BOGOTA (S) GIRARDOT

SIXTEENTH ANNUAL FIELD CONFERENCE

epam Ltda.
 Elaboró: Aprobó:

PERFIL BOGOTA (S) GIRARDOT

DISTRITO ESPECIAL DE BOGOTA



Fig No 6-1-7

2. TIPOS DE MATERIALES

2.1 MATERIALES CONSOLIDADOS

2.1.1 Arcillas

* Las formaciones Guaduas y Bogotá, de composición esencialmente arcillo-limosa (lutitas), son las principales unidades que han sido explotadas y constituyen la fuente más importante de materiales para la construcción (ladrillo, tejas, tubos).

↳ Los espesos niveles de lutitas de estas formaciones son de diferentes colores, predominantemente rojos, con intercalaciones menores de limolitas arenosas y areniscas de grano fino.

Se hallan expuestas indistintamente en las estructuras sinclinales ocupando las partes centrales de los valles, donde generalmente se presentan cubiertas por sedimentos areno-arcillosos de edad reciente, o en sus costados, delimitadas lateralmente por las diferentes serranías que forman las unidades de areniscas.

En el sector norte de la cuenca, en los valles del Río Frío y Subachoque, estas formaciones ocupan las partes centrales de los valles donde son cubiertas localmente por depósitos no consolidados.

En la parte oriental, ellas se extienden desde el sur de La Calera hasta Villapinzón, en una franja amplia, asociada a los sinclinales Siecha-Sisga, Teusacá y Tominé, ocupando las partes centrales de los valles y cubiertas en mayor extensión por depósitos en el sector de Guasca y Chocontá.

Al Norte de Nemocón y en Cogua se ubican en los sinclinales de Checua y Neusa, donde se extienden ampliamente. Al norte de Suesca ocupan una franja angosta orientada en dirección N-S, configurando el sinclinal del mismo nombre.

Al sur de la cuenca estas unidades se ubican principalmente en los costados del valle el Río Tunjuelito, formando parte del Sinclinal de Usme y aparecen cubiertas en amplios sectores por los depósitos fluvio-glaciares del Cuaternario (Cono del Tunjuelito).

Actualmente las explotaciones en estas formaciones se concentran al sur de la capital -Valle del río Tunjuelito- y en el sector de Soacha, donde se ubican los mayores chircales; áreas de explotaciones menores se ubican al norte de Nemocón, Cogua y valle del Río Frío.

Dentro de los depósitos consolidados, las arcillas para cerámica son explotadas muy localmente de niveles de arcillolitas caoliníficas de la Formación Plaeners, presentes en el sector de Nemocón (explotación de Sumicol, foto No. 28) y en el límite nor-occidental de la cuenca, en el Cerro de los Andes. Generalmente se trata de capas de poco espesor, intercaladas con niveles de arcillolitas no explotables. Se requiere una posición estructural favorable que facilite los trabajos de descapote y extracción del material.

Los niveles de arcillolitas silíceas de la Formación Plaeners, generalmente se alteran superficialmente a arcillas grises de

composición caolinítica. Sin embargo, por su escasa profundidad de alteración, no presentan interés económico.

2.1.2 Arenas

Arenas para construcción

* 56 Las fuentes de arenas para construcción (arenas de peña) se ubican principalmente en la Formación Arenisca Tierna y en algunos estratos friables de la Arenisca de Labor. Estas formaciones afloran indistintamente en las diferentes serranías y cuchillas, generalmente en sus partes marginales, conformando los flancos de las estructuras anticlinales, donde se ubican localmente las explotaciones (foto No.14).

Las areniscas se identifican por su grano de tamaño fino a medio, pobremente gradadas, friables y han sido explotadas intensivamente en los sectores nor-orientales de la capital y Soacha-Sibaté, donde se presentan en mayor extensión (fotos Nos. 15 - 11, véanse curvas granulométricas en Anexo No. 1).

Otra fuente importante de arenas la constituyen las areniscas terciarias de las Formaciones Cacho, Usme y Regadera. Estas se caracterizan por presentar un tamaño de grano variable de fino a grueso, localmente conglomeráticas y bien gradadas (ver curvas granulométricas del Anexo No. 1).

Hacia el sur, en la cuenca del Río Tunjuelito, las continuas intercalaciones arcillosas de la Formación Regadera, dificultan

las explotaciones de los niveles de areniscas, además de presentar lentes de tamaño de grano predominantemente fino (arenas arcillosas).

*

La Formación Usme, desarrollada exclusivamente en este sector, constituye una fuente de arenas de grano fino a grueso, bien gradadas (ver curvas granulométricas en anexo correspondiente y foto No. 25).

↳

Hacia el sector nor-oriental de la cuenca (valles del Río Siecha, Río Sisga y el sector de La Calera) la formación Cacho y Regadera presentan una granulometría variable, están bien gradadas y constituyen una fuente potencial de arenas para concretos (ver Anexo No. 1).

En la parte nor-occidental de la cuenca (valles del Río Frío y Río Subachoque) estas formaciones presentan un menor desarrollo y solamente se observan en la localidad de La Pradera (foto No. 19).

En general las arenas provenientes de las formaciones terciarias presentan una mejor gradación que las arenas de las formaciones cretáceas y constituyen fuentes potenciales de arenas para concretos (ver curvas granulométricas Anexo No. 1).

Arenas para vidrio

*

Las areniscas explotadas para este fin pertenecen a las formaciones Arenisca Tierna y de Labor. Su calidad está determina-

da esencialmente por su composición cuarzosa y su color blanco; son de grano fino a grueso, friables o medianamente cementadas; se hallan en capas de espesores variables, intercaladas con las areniscas explotadas para la construcción.

bo
u
Las áreas de mayor interés económico para la explotación y exploración de estas arenas se hallan en Nemocón, donde se ubica la principal explotación de Peldar; y en el sector Sibaté-San Miguel, en el límite de la cuenca, donde se explotan varios estratos con espesores de 1 a 2 m. separados por finos niveles arcillosos y donde presentan una posición estructural horizontal, muy favorable para su explotación (foto No. 14); y en la parte oriental del Cerro El Tunal, en jurisdicción de Tocancipá.

Las demás explotaciones generalmente se hacen en pequeños frentes, asociados con las explotaciones generales de arena.

Fuente de agregados

*
La Formación Arenisca Dura constituye la principal fuente de material para triturar y obtener agregados gruesos para concretos.

Esta formación generalmente constituye el núcleo de las estructuras anticlinales y forma parte de las diferentes serranías que atraviesan y configuran la cuenca alta del Río Bogotá; son areniscas cuarzosas blancas, de grano fino, bien cementadas, muy duras y resistentes, dispuestas en estratos masivos y gruesos (foto No. 1).

Los fragmentos obtenidos durante el proceso de trituración presentan un porcentaje variable de formas prismáticas alargadas, que son determinadas posiblemente por los esfuerzos tectónicos sufridos con mayor intensidad en los núcleos anticlinales e - imprimen estos rasgos estructurales en las rocas.

* Estas unidades se explotan en distintos sectores de la Sabana, destacandose la Cantera de El Zuque, explotada por la Secretaría de Obras Públicas del Distrito.

59 Las demás areniscas superiores que conforman las serranías, no son aptas para triturar debido al tamaño de grano y al grado de cemen tación, factores por los cuales se obtiene un alto porcentaje de arenas (valores altos de desgaste).

Los niveles de areniscas presentes en la Formación Chipaque son de buena calidad, para la obtención de agregados. Sin embargo las continuas intercalaciones de lutitas delimitan su explota - ción a volúmenes muy restringidos.

2.1.3 Material de recebo

Los materiales utilizados en su mayor parte como recibos para las vías, corresponden a los niveles de liditas y arcillolitas silíceas de la Formación Plaeners, que se caracteriza por su difícil explotación y disgregación en fragmentos tamaño grava, con formas planares y regulares (foto No. 27).

Sin embargo, esta formación presenta continuas variaciones en

la composición silfcea de las liditas, a limolitas y arcillolitas plásticas con una estratificación muy fina, que desmejoran la calidad y delimitan su utilidad. Donde los niveles silfceos son composicionalmente homogéneos o es posible desechar los niveles arcillosos, este material puede ser utilizado a nivel de base o subbase en la construcción de carreteras.

6. La explotación del material de recebo es muy difusa y se encuentra localizada en las diferentes vías que atraviesan las serranías, donde son utilizadas para el mantenimiento de las mismas.

2.1.4 Piedra para construcción

* Los estratos de la Formación Arenisca de Labor son las unidades de mejor calidad para la explotación de piedra para enchapados y bloques de diversos tamaños utilizados en la construcción. Su calidad es debida al grado de cementación mediano y al espesor de los estratos, que permite que se pueda trabajar con cierta - facilidad y realizar corte de bloques de las dimensiones deseadas.

Para la explotación de piedra para enchapados se utilizan areniscas bien estratificadas en capas de 2 a 4 cm., las cuales se separan facilmente en lajas rústicas.

La calidad de este material está determinada por su composición cuarzosa, tamaño de grano fino a medio y su cementación, características que le dan una buena resistencia y duración.

Esta formación se presenta en las diferentes serranías de la Sabana. Sin embargo, la explotación para estos fines requiere una posición estructural horizontal de los estratosoligeramente inclinada, además de presentar un bajo grado de fracturamiento. (foto - No. 9).

2.2 MATERIALES NO CONSOLIDADOS

61.
* Son los materiales recientes de edad Plioceno-Cuaternaria, que han sido depositados por los ríos, la gravedad, el hielo o agentes mixtos. Se caracterizan por su bajo grado de consolidación, se ubican en los valles de los principales ríos o en la misma Sabana de Bogotá, bordeando las diferentes serranías y cubren las unidades arcillosas del Terciario. Estratigráficamente corresponden a las Formaciones Tilatá, Subachoque y Sabana. Aparte de los anteriores, están los materiales de coluvios y depósitos fluvioglaciares que se ubican en los diferentes valles.

2.2.1 Arcillas

* Las arcillas de la Formación Tilatá son los materiales que han sido explotados y constituyen una fuente promisoría para la industria de la cerámica y de la construcción. Se ubican en el centro de los valles y configuran las partes planas de la Sabana de Bogotá.

Son arcillas puras, maleables, por lo general presentan una coloración variada y localmente adquieren un color gris oscuro a negro por su contenido de materia orgánica.

En los valles del Río Frío y Subachoque, la Formación Tilatá constituye una fuente de arcillas para cerámica. En el valle del Río Chicú, cerca a Tabio, estas arcillas se explotan como material para cerámica. En 14 muestras analizadas de este yacimiento, García S. (1979), determinó una composición predominantemente caolinítica de las arcillas.

62 En el valle de Guasca las arcillas de la Formación Tilatá, ubicadas en el costado occidental del valle, presentan una composición cuyos análisis de rayos X en 6 muestras (ver Anexo No. 1) dan contenidos en caolinítica superiores al 50%, algunas con contenidos menores en montmorillonita y otros niveles (los más importantes) de color negro con contenido en materia carbonosa. El conjunto alcanza un espesor de 12 m. (fotos Nos. 33 y 34).

En el valle de Chocontá, la parte inferior de la Formación Tilatá presenta una composición esencialmente arcillosa y representa una área de interés para la explotación de estos materiales.

Los niveles más superficiales de la Formación Sabana (arcillas de inundación) están compuestos por arcillas y limos inorgánicos con delgadas intercalaciones orgánicas; las arcillas de esta unidad poseen una alta plasticidad, presentan cambios de volumen por su composición montmorillonítica y no se emplean como materiales de construcción.

En general, las arcillas de la Formación Tilatá presentan una composición caolinítica de muy buena calidad como material de cerámica. Su evaluación a nivel regional se dificulta debido a las

63

comunes intercalaciones de limos y arenas finas que presenta esta formación y el carácter lenticular de sus niveles explotables.

2.2.2 Arenas

Dentro de los depósitos no consolidados, las capas de arenas de las Formaciones Tilatá y Subachoque constituyen una fuente alternativa de estos materiales. Estas formaciones se localizan en el centro de los valles, rellenando las estructuras sinclinales. Se identifican por su bajo grado de consolidación, son arenas sueltas, de grano fino a grueso localmente conglomeráticas, pobremente gradadas, con intercalaciones lenticulares de gravas finas y arcillas. Se presentan generalmente en capas de poco espesor (1 a 4 m.) intercaladas con niveles arcillosos. En el sector de Chocontá, donde la Formación Tilatá se presenta en mayor extensión y con una composición esencialmente arenosa, constituye un área de interés para la explotación de arenas para concretos.

La evaluación de la calidad y el volumen en un determinado sector, se dificulta debido a las variaciones en el tamaño de grano y a los niveles arcillosos que comúnmente se presentan.

2.2.3 Fuente de agregados

Estos materiales se ubican principalmente en los depósitos recientes de los principales ríos, donde los valles convergen con la región plana de la Sabana y en segundo lugar dentro de los depósi -

64

tos aluviales mas antiguos de la Formación Subachoque, ubicada en los valles de los ríos.

Depósitos del Tunjuelo

*

Constituyen un depósito antiguo del Río Tunjuelito, donde se ubican las mayores explotaciones de grava y arena del Distrito - Especial. El material está constituido esencialmente por cantos y gravas de areniscas cuarzosas en una matriz arenosa con espesores variables de 30 m. en el sector más sur y 70 a 80 m. al norte, donde disminuye el porcentaje de fragmentos tamaño grava, con una composición esencialmente arenosa (fotos Nos. 39 y 40).

Depósitos del Río Siecha

Las márgenes del Río Siecha, en el área comprendida entre Guasca y su desembocadura en el Embalse del Tominé, constituye un sector potencial para la explotación de gravas y arenas (foto No.45).

En los sitios de explotación actual, los materiales están constituidos en un 50% de fragmentos de areniscas cuarzosas, resistentes y un 50% de arena; estos materiales han sido explotados hasta una profundidad de 10 m. en un área pequeña que corresponde a la zona de inundación. El espesor de los materiales fué determinado con sondeos geoelectricos cerca a la población de Guasca, - donde alcanza un espesor de 15 m. en las áreas restringidas a las márgenes de su cauce, y puede alcanzar los 20 m. en la parte más norte, cerca del embalse, donde puede presentar una mayor extensión superficial.

63

Depósitos aluviales del Río Frío

En las márgenes del Río Frío, cerca a Tabio, se presenta una zona potencial para la explotación de gravas y arenas, con espesores promedios de 18 m., según sondeos geoelectricos realizados en el sector.

Los materiales que conforman el depósito están constituidos en un 40% de fragmentos de areniscas cuarzosas tamaño grava, resistentes, y 60% de arena; estos materiales han sido explotados en el sector hasta una profundidad de 8 m. (fotos No. 41 y 42).

Depósitos del Río Subachoque

Las márgenes del Río Subachoque, entre la localidad de La Pradera y La Gravillera San Carlos, ubicada al sur del Municipio de Subachoque, presentan zonas favorables para la explotación de gravas y arenas.

Estos materiales están constituidos esencialmente por fragmentos de areniscas cuarzosas. En la Gravillera San Carlos, donde se explotan actualmente los materiales, están constituidos en un 40% de fragmentos tamaño grava y 60% de arena, con espesores de 20 m. de profundidad, determinados con sondeos geoelectricos realizados en el sector.

66

Depósitos de terrazas

Son depósitos de arenas, gravas y niveles de arcillas dejados por los ríos en los costados de los valles, producto de la incisión de su cauce.

En los valles del Río Frío y Subachoque los niveles de gravas observados se asocian a la Formación Subachoque. Sin embargo, por el escaso espesor alcanzado, no presentan mayor interés. En las cabeceras del Río Frío -Vereda San Antonio- la Formación Subachoque presenta niveles de gravas y arenas de 3 a 5 m., separados por niveles de arcillas hasta de 0.5 m. Estos materiales están constituidos en un 40% de fragmentos y un 60% de matriz areno-arcillosa, en su mayor parte fragmentos de areniscas con algunos alterados.

En el valle de Guasca los niveles de terrazas de la Formación Subachoque se ubican en la margen oriental del Río Siecha, donde están constituidos por gravas y cantos, niveles de arenas y lentes arcillosos y han sido explotados cerca de Guasca, donde alcanzan un espesor de 8 m. en el nivel de la terraza inferior (fotos Nos. 43, 46 y 48).

Hacia el sur de la cuenca, en el valle del Río Tunjuelito, se observan pequeñas terrazas fragmentarias de origen fluvio-glaciar, constituidas por gravas, cantos y bloques de diferentes tamaños, parcialmente alterados y en una matriz limo-arenosa (foto No.50).

67

2.3 UNIDADES GEOLOGICAS DE MAPEO

Las diferentes unidades utilizadas en el Mapa Geológico de Materiales se caracterizan por presentar cierta uniformidad litológica que define a su vez el grado de utilidad como fuente de materiales para la industria.

Las formaciones del Cretáceo y del Terciario fueron diferenciadas o agrupadas teniendo en cuenta varios parámetros (litología, tamaño de grano, grado de cementación y variación granulométrica).

Las formaciones arcillosas fueron diferenciadas según su homogeneidad litológica y grado de utilidad de los niveles de arcillolitas.

Los depósitos no consolidados del Plioceno-Cuaternario fueron individualizados o agrupados según la composición de los depósitos y su grado de utilidad.

En los cuadros G-2-1 y 2 se relacionan las diferentes unidades definidas en el mapa, con las formaciones geológicas a que pertenecen y una descripción general de los materiales.

68

MATERIALES NO CONSOLIDADOS

Cuadro No. G-2-1

Unidades definidas	Descripción	Formación geológica
G.s	Gravas y arenas de los depósitos aluviales recientes y niveles de terrazas.	Depósitos aluviales recientes Formación Subachoque (Qsu).
S.g	Arenas de grano fino a grueso con niveles de gravas y arcillas.	Formación Tilatá. (Tt).
C.l.	Arcillas plásticas, limos y arenas arcillosas.	Formación Sabana. (Qsa).
C.d.	Arcillas caolínificas, diatomitas y cenizas volcánicas.	Formación Sabana (Formación Herrera). (Qsa).
C ₂	Arcillas grises, caolínificas.	Formación Tilatá. (Tt).
B.c.	Gravas, cantos y bloques en una matriz arenarcillosa.	Depósitos de coluvios. Depósitos fluvio-glaciares. (Qu). Depósitos morrénicos.

MATERIALES CONSOLIDADOS

Cuadro No. G-2-2

Unidades definidas	Descripción	Formación geológica
S ₁	Areniscas cuarzosas, grano fino bien cementadas, color claro	Formación Arenisca Dura (K _{GD}).
S ₂	Areniscas cuarzosas de grano fino a medio, medianamente cementadas y finas. Colores claros y amarillos.	Arenisca de Labor (K _L).
S ₃	Areniscas cuarzosas de grano fino a grueso, friables, color amarillo.	Arenisca Tierna (K _T).
S ₂	Areniscas finas a gruesas (los dos niveles anteriores sin diferenciar).	Formación Arenisca de Labor y Tierna (K _{LT}).
S ₄	Areniscas cuarzosas, color marrón, grano fino a grueso, conglomeráticas con niveles arcillosos y lentes de gravas.	Formación Cacho (TC). Formación Regadera (TR). Formación Usme (miembro arenoso) (TU).
P	Limolitas silíceas, lúditas y arcillolitas en finas capas.	Formación Plaeners (K _{GP}).
C ₁	Arcillolitas mal consolidadas, predominantemente rojas, con niveles de areniscas.	Formación Guaduas (K _{GP}). Formación Bogotá (TB).
C ₃	Lutitas negras carbonosas con niveles de areniscas cuarzosas bien cementadas.	Formación Chipaque (K _{CH}).

70

3. EVALUACION DE LOS MATERIALES

3.1 EVALUACION GEOLOGICA DE LOS MATERIALES

Qué parámetros y factores geológicos determinan la calidad de los materiales de las diferentes formaciones geológicas y depósitos no consolidados?

3.1.1 Arenas

En el caso específico de las areniscas que constituyen buena parte de las rocas de la Sabana, la composición mineralógica, junto con el tamaño de grano y la relación cemento-grano-matriz, son los parámetros que determinan su calidad y uso.

Las principales areniscas que configuran la Cuenca Alta del Río Bogotá están constituidas en su mayor parte por cuarzo (80%) - clasificándose como cuarzo-arenitas que van desde las pobremente cementadas, utilizadas como fuentes de arenas, hasta areniscas de grano fino bien cementadas, que constituyen fuentes de material para triturar.

En general, las areniscas del Cretáceo depositadas en un ambiente marino son areniscas pobremente gradadas, limpias (bajo a nulo % de matriz) y constituyen fuentes de arenas para construcción, al contrario de las areniscas del Terciario, depositadas en un ambiente continental con gran influencia fluvial en el transporte de los sedimentos y las cuales se caracterizan por una mayor variación granulométrica, tanto local como regional. Estas últimas formaciou

→1

nes representan fuentes de arenas de granulometría variada (p**o** bremente gradadas a bien gradadas) y constituyen unidades de in**ter**és para la explotación de arenas para construcción y concre**to**s (ver curvas de granulometría en Anexo No. 1).

3.1.2 Recebos

La calidad de los materiales utilizados como recebos está deter**mi**nada por rasgos estructurales y composicionales de las rocas, especialmente su estratificación delgada y la composición silf**icea** de los niveles de plaeners y arcillolitas silf**iceas**.

3.1.3 Arcillas

En el caso de las lutitas presentes en las diferentes formacio**nes**, la evaluación de la calidad como fuente de materiales para la construcción (tubos, tejas, ladrillos), depende principalm**en**te de la composición mineralógica y pureza de las arcillas. La relación de arcillas-limos-arenas juega un papel importante seg**ún** los porcentajes presentes.

3.1.4 Materiales de los depósitos no consolidados

La evaluación geológica de los materiales que constituyen las diferentes formaciones del Plioceno-Cuaternario, incluyendo los depósitos aluviales actuales, presenta dificultades debido principalm**en**te a la variedad de materiales que forman estos depósitos, junto con la variación que pueden presentar de un lugar a otro, producto de los diferentes ambientes en que se formaron.

72

En los depósitos de grava y arena ubicados en los niveles de terazas y en las margenes de los ríos principales, la calidad de estos materiales como fuente de agregados finos y gruesos depende de factores tales como las propiedades individuales de sus fragmentos, que están relacionados directamente con el área de aporte de los materiales y el medio y distancia de transporte, que incide directamente en el tamaño, redondez y selección de los fragmentos. Generalmente los depósitos que han sufrido poco transporte presentan un porcentaje elevado de fragmentos arcillosos o meteorizados, desmejorando la calidad del depósito.

En los niveles de terrazas, la calidad de los materiales depende también de la composición de sus fragmentos junto con el grado de meteorización sufrido posterior al depósito, que determina en última instancia su utilidad.

3.2 EVALUACION Y CONSIDERACIONES GEOTECNICAS PARA LA EXPLOTACION DE LOS MATERIALES

En la evaluación regional para la selección de áreas mas favorables de explotación de los diferentes materiales, se deben tener en cuenta varios parámetros geológicos (litológicos y estructurales) que junto con el factor relieve, son fundamentalmente para la extracción técnica de los materiales.

Los principales parámetros estructurales que condicionan el desarrollo de la explotación en el futuro son el buzamiento o inclinación y dirección de las capas y la homogeneidad litológica de los materiales. Es así como en áreas con estratos muy inclinados

73

e intercalaciones de material de desecho, las explotaciones deben ser restringidas, al contrario de unidades horizontales de composición homogénea con grandes posibilidades de explotación (fotos Nos. 11 y 9).

Durante la explotación de las canteras para la extracción de los materiales, se deben definir la forma más correcta de explotación, y el diseño de los taludes en los diferentes frentes, que generalmente son variables de un lugar a otro debido a los cambios en los parámetros litológicos y estructurales.

Una explotación técnica permite realizar los diferentes cortes dentro de un rango confiable de seguridad, controlando los fenómenos de erosión y deslizamientos con la extracción metódica de los materiales, evitando la formación de taludes de considerable altura.

La definición de la inclinación que se ha de dar al talud en los diferentes frentes de explotación de una cantera o un sector amplio en explotación tiene gran importancia económica, porque incide directamente en las condiciones futuras de estabilidad de la zona y a la vez permite evaluar las limitaciones y posibilidades reales de explotación.

En el caso específico de las áreas de explotación intensiva que se desarrollan en diferentes sectores de la Cuenca Alta del Río Bogotá, y donde se presenta una alta densidad de pequeñas unidades de explotación, resulta inapropiado hacer estudios a nivel

H.

de cada cantera y, en cambio, se deben realizar por sectores que presenten similitud litológica y estructural, donde se deben identificar los posibles mecanismos de inestabilidad que pueden sufrir las explotaciones en conjunto y elaborar una guía para el diseño y construcción de los taludes, junto con las recomendaciones sobre el sistema más adecuado de explotación para el sector, que faciliten los trabajos sin poner en peligro la estabilidad de la zona.

Las continuas inversiones de los estratos en las estructuras anticlinales originan movimientos relativos entre las diferentes capas, y estos sectores ubicados en los bordes de las serranías con una pendiente alta, son zonas donde las explotaciones pueden ocasionar deslizamientos de tipo laminar.

En las explotaciones de las unidades arcillosas, donde se ubican las zonas de chircales y en los depósitos de gravas y arenas o demás materiales no consolidados, se debe tener en cuenta que estas zonas son muy susceptibles a los procesos de erosión o meteorización, ante las variaciones del tipo físico como son las explotaciones mismas y, por consiguiente, es muy importante delinear un modelo de explotación para estos materiales, teniendo en cuenta su litología y las características mismas de los materiales que conforman los depósitos no consolidados, que eviten variaciones de tipo físico o ambiental a la zona.

En el Volumen IV se dan recomendaciones específicas sobre manejo de taludes y otros problemas relativos a la explotación técnica de los materiales.

→

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 AREAS DE MAYOR POTENCIAL DE EXPLOTACION

Con base en el análisis de la tectónica y geología estructural de la zona, así como en el mapa de materiales, se delimitaron 15 zonas o "unidades espaciales de explotación" las cuales ofrecen las mejores condiciones para la extracción de materiales, - tanto desde el punto de vista geológico y geotécnico como desde el ángulo del volumen y variedad de sus reservas.

Estas zonas podrían ser objeto de una explotación preferencial o prioritaria, con miras a atender la demanda de materiales para construcción y obras públicas de la ciudad de Bogotá y del resto de la Sabana. Sin embargo, la selección de estas zonas no implica que no haya materiales en otras áreas o que se deba restringir su explotación en el resto de la cuenca. Simplemente se trata de las zonas de mayor potencial de materiales extractivos (fig. G-4-1).

En consecuencia, las 15 zonas preseleccionadas aquí no deben considerarse por la Administración como de "obligada explotación", sino como alternativas de localización de industrias o de explotación intensiva, con las mejores posibilidades desde el punto de vista geológico. Sin embargo, otros criterios de tipo ambiental, social, económico y urbano deben ser tenidos en cuenta para la selección final de las zonas a desarrollar.

A continuación se hace una somera descripción de cada una de las 15 zonas preseleccionadas:

76



4.1.1 Unidad I: Sibaté-Soacha-El Tunjuelo

Abarca las diferentes áreas de explotación ubicadas en Sibaté, Bosa, Soacha y El Valle del Tunjuelo y constituye la unidad de mayor densidad de explotaciones por la diversidad de materiales que posee.

Se caracteriza por presentar unas condiciones estructurales y topográficas muy variadas, que deben tenerse en cuenta para una explotación técnica de toda el área.

Es un área estructuralmente compleja, factor que permite que afloren las diferentes unidades fuentes de materiales.

Lateralmente está delimitada por los depósitos de grava y arena del Tunjuelo y encierra las mayores reservas de agregados de toda el área, así como los materiales para la fabricación de ladrillos, tejas etc. (unidad C1), los cuales se encuentran en el valle del Río Tunjuelo, donde se explotan los niveles arcillosos de las formaciones Regadera, Guaduas y Bogotá (C1).

Las fuentes de arenas se ubican en diferentes sectores, destacándose las explotaciones del sector de Terreros y, hacia el sur, en el sector de Sibaté, donde se presentan grandes reservas de arenas, con unas condiciones estructurales favorables para su explotación.

Los materiales de recibos se ubican principalmente en el sector de Soacha, donde la Secretaría de Obras Públicas del Distrito -



explota estos materiales, y en el sector de Terreros, donde se presentan grandes reservas de estos materiales con unas condiciones favorables para su explotación.

Dentro de esta unidad de explotación, se puede considerar la posibilidad de utilizar las excavaciones abandonadas del Tunjuelo para los materiales de desecho.

El área aproximada de esta unidad es de 15000 has.

4.1.2 Unidad II: Tocancipá, Sopó, Guasca

Esta unidad abarca la zona montañosa ubicada entre estos municipios, delimitada al este por el embalse del Tominé y el Valle del Río Siecha.

Estructuralmente corresponde al Anticlinal de Sopó-Sesquilé, con sus estratos inclinados de 10 a 30° en el flanco oeste y un poco más en el flanco oriental, donde se observan algunas inversiones.

Constituye la segunda área de interés por la variedad de materiales que posee y las posibilidades mismas del desarrollo de la explotación.

El sector occidental presenta grandes reservas de arenas para construcción, en estratos ligeramente inclinados a horizontales, donde se ubican varias explotaciones. Se trata de arenas con una gradación media (ver curvas de granulometría).

78

El sector oriental presenta niveles explotables de arenas para construcción (S2) y arenas para concretos (S4), junto con los niveles de lutitas para material de construcción de ladrillos, tejas, etc., que ofrecen las formaciones Guaduas y Bogotá (C1).

Bordeando el Embalse del Tominé, localmente se presentan niveles de arcillas grises caoliníticas, ricas en materia orgánica, las cuales constituyen una fuente aún no evaluada de material para cerámica.

Los depósitos aluviales del Río Siecha, adscritos a las margenes de su cauce, constituyen fuentes de agregados de muy buena calidad.

Los materiales de recibos y fuentes para triturar se ubican en el sector sur de la unidad y se recomienda investigar la parte central de la misma para los materiales de las unidades correspondientes.

La superficie aproximada de esta unidad es de 6000 has.

*

4.1.3 Unidad III: El Codito

Esta unidad abarca el flanco occidental del anticlinal de Bogotá, al occidente del valle del Río Teusacá, haciendo parte del flanco occidental del anticlinal. La inclinación general de los estratos presentan un promedio de 20 a 30° facilitando el desarrollo de las explotaciones en el futuro.

Las arenas constituyen las fuentes de materiales mas importantes y actualmente se explotan intensivamente en el sector de El Codito, con posibilidades de ampliarse hacia el norte y sur, donde se mantienen las condiciones estructurales favorables.

En las partes marginales se presentan lutitas como fuente potencial de material para construcción (ladrillos, tejas, etc.), pertenecientes a la Formación Guaduas.

79.

El sector sur-oriental ofrece reservas de material para agregados, recibos y piedra para construcción, que debe explorarse en las unidades referenciadas en el mapa.

El área aproximadamente de esta unidad es de 1300 has.

4.1.4 Unidad IV: Nemocón

Esta unidad comprende tres sectores: el central, el oriental y el occidental. La población de Nemocón está situada en el extremo N.E. del sector central. Estructuralmente comprende el Anticlinal de Nemocón. La inclinación predominante es entre 10 y 25°.

El sector central ofrece reservas incomparables especialmente en dos materiales: arena para vidrio (explotada por Peldar) y caolines (explotados por Sumicol). También presenta posibilidades para la explotación de recebo y agregados. El sector oriental ofrece niveles de arena para construcción y para concretos, y lutitas para fabricación de ladrillo, tubo, teja. El sector occidental presenta arenas para construcción y para concretos, y lutitas para materiales de construcción.

Por presentar esta unidad en el sector central manifestaciones claras de dos materiales de gran valor como son la arena para vidrio y los caolines, se recomienda intensificar la exploración o lo largo del flanco norte del anticlinal, especialmente de la Formación Arenisca de Labor y Tierna, donde están los niveles de arena para vidrio y a lo largo del flanco sur, en la Formación Plaeners, donde se presentan los caolines, con el objeto de determinar otras posibles zonas de donde se pueda extraer estos materiales en forma técnica.

La superficie aproximada de esta unidad es de 5300 has.

80-

4.1.5 Unidad V: Chocontá

Esta unidad abarca la zona situada al N.E y S.E de Chocontá y parte oriental del Embalse del Sisga, con una forma elongada NE-SO. Estructuralmente abarca parte del flanco oriental del Sinclinal de Siecha-Sisga y parte de su núcleo. La inclinación general de los estratos (media a baja) y la gran variedad de materiales aflorantes la constituyen en una fuente de arcillas para construcción, aprovechando los niveles lutíticas de las formaciones Guaduas y Bogotá (C1), a pesar de que en este sector no afloran en su total espesor.

Para agregados de concretos, los niveles de las areniscas del Cacho y La Regadera ofrecen gran potencial, especialmente La Regadera, ya que aparte de su sección tipo en el Sinclinal de Usme, sólo vuelve a aflorar en esta zona.

El análisis granulométrico que se hizo de una muestra tomada de esta formación (ver anexo y mapa correspondiente, muestra No.1) dió una gran variación en tamaño de constituyentes.

Esta unidad ofrece también buenas reservas de gravas, algunas de las cuales son explotadas en la actualidad, correspondientes a los depósitos recientes. Se recomienda investigar los materiales del núcleo de la estructura S.6, así como también una serie de análisis granulométricos a lo largo de la Arenisca La Regadera, con el objeto de determinar los posibles cambios granulométricos frecuentes en este tipo de depósitos continentales.

El área aproximada de esta unidad es de 7000 has.

4.1.6 Unidad VI: Checua

Ubicada en el sector norte de la cuenca, en las cabeceras del Río Checua, está conformada por el núcleo del sinclinal del mismo nombre, con inclinaciones promedias de 10° a 30° en los estratos.

81-

Constituye un área con grandes reservas de lutitas como material de construcción (tejas, ladrillos, etc.) y fuentes de arenas y arcillas para cerámica en menor proporción.

En el desarrollo de las explotaciones en esta unidad, se recomienda un diseño adecuado de los sistemas de extracción de los materiales, como una medida de control a los procesos erosivos y desarrollo de cárcavas, permitiendo una recuperación de los terrenos del sector.

La superficie aproximada de esta unidad es de 9000 has.

4.1.7 Unidad VII: Santa Rosita

Está ubicada al oeste de Chocontá, parte norte del Río Bogotá, conformando un área orientada NE-SO.

Estructuralmente abarca el flanco oriental del Anticlinal de Suesca, en la parte occidental de la unidad y el Sinclinal de Sesquilé al sur oriente.

La inclinación general de los estratos varía de 5 a 30° en el sector occidental y de 30 a 50° en la parte oriental.

Constituye un área con grandes reservas de material para triturar, recibos y arenas, correspondientes al Grupo Guadalupe, que conforman el flanco de la estructura anticlinal, donde la baja inclinación de los estratos permite realizar explotaciones técnicas.

82.

El sector sur-oriental presenta grandes reservas de material para la fabricación de ladrillos, tejas, etc. La Formación Guaduas - (C1), conjuntamente con una unidad orientada NE-SO, de areniscas de la Formación Cacho (S4), constituyen fuentes de arenas para construcción y concretos, cuya calidad debe ser evaluada.

En general las diferentes unidades de materiales deben ser exploradas para evaluar la calidad de los materiales que aún no han sido explotados.

La superficie de esta unidad es de 5000 has.

4.1.8 Unidad VIII: Río Frío

Abarca el valle del Río Frío, en el sector de Tabio. La parte central comprende los depósitos aluviales del Río Frío, donde alcanza espesores de 15 a 20 m., según los sondeos de resistividad realizados por EPAM LTDA y constituyen las fuentes de material para agregados.

Los niveles de lutitas de la Formación Guaduas, que conforman el valle, representan una fuente de material para la construcción de ladrillos, tejas etc.

En el sector de Tabio (valle del Río Chicú), las arcillas de la Formación Tilatá constituyen una fuente de material para cerámica y su potencial debe ser evaluado.

83

En el borde oriental, donde el Rfo Frío atraviesa el valle, se presentan fuentes de material para triturar, las cuales deben ser investigados.

La superficie aproximada de esta unidad es de 5200 has.

4.1.9 Unidad IX: La Punta

Se ubica en la parte nor-occidental de la cuenca, entre el sector de La Punta y el valle del Rfo Subachoque. Corresponde a una estructura anticlinal, con buzamientos moderados y localmente horizontales.

El sector sur (La Punta) presenta grandes volúmenes de recibos y material para triturar, donde se ubican explotaciones de gran desarrollo que pueden ser ampliadas hacia el norte por la posición estructural de los estratos, que facilita el desarrollo de una explotación aterrizada.

Los depósitos de grava y arena del Rfo Subachoque constituyen la otra fuente de agregados que debe ser evaluada a lo largo de su cauce actual.

El área aproximada de esta unidad es de 2300 has.

4.1.10 Unidad X: Mondoñedo

Ubicada en la margen sur-occidental de la cuenca, al oeste del Rfo Balsillas, en el sector de Mondoñedo y la Laguna de la Herrera.

84

Constituye una unidad de explotación de arenas (S3), recibos (P) y material para triturar (S1).

Dada la pendiente del terreno, se requieren estudios complementarios para definir los sectores más favorables para su explotación y la complementación de la información geológica del área.

En el sector de La Herrera se presentan niveles de diatomitas y cenizas volcánicas, que constituyen un depósito de puzolanas naturales (Cd) cuyas reservas aún no han sido cuantificadas.

La superficie aproximada de esta unidad es de 2800 has.

4.1.11 Unidad XI: Cogua

Está ubicada al oriente de esta población. Es un área estructuralmente sencilla, con buzamientos suaves que facilitan el desarrollo de la explotación. Constituye una pequeña unidad de explotación, principalmente de materiales para la fabricación de ladrillos, tejas, etc. (C1), perteneciente a la Formación Bogotá, en la cual se ubican varias unidades de explotación.

El borde oriental presenta pequeños sectores para la explotación de arenas de construcción. Se requieren estudios para evaluar la granulometría de la Unidad S4 como fuente de arenas para concretos.

La superficie aproximada de esta unidad es de 1100 has.

85

4.1.12 Unidad XII: Rfo Guandoque

Está ubicada en los nacimientos del Rfo Frfo, al oeste del Embalse del Neusa, en la margen derecha de La Quebrada Guandoque.

Es una unidad restringida a los niveles de gravas de la Formación Subachoque y a los niveles de terrazas ubicadas en esta quebrada.

Se recomienda estudios complementarios para determinar las propiedades geomecánicas de los materiales y así determinar su grado de utilidad, a través de ensayos de abrasión, complementados con apiques o sondeos de resistividad, para investigar la extensión del depósito.

Esta unidad presenta una extensión aproximada de 1200 has.

4.1.13 Unidad XIII: La Pradera

Está ubicada en el valle del Rfo Subachoque, al norte de La Pradera, formando el núcleo del Sinclinal de Subachoque.

Es un área angosta, de orientación N-S y constituida esencialmente por lutitas de las formaciones Guaduas y Bogotá (C1), con grandes reservas de material para fabricación de ladrillos, tejas, etc.

Las unidades de la margen oriental del valle son fuentes potenciales de arenas y recibos.

86

Se recomiendan estudios para determinar la calidad de los diferentes materiales que forman esta unidad.

Esta unidad tiene una extensión aproximada de 2.100 has.

4.1.14 Unidad XIV: Facatativá

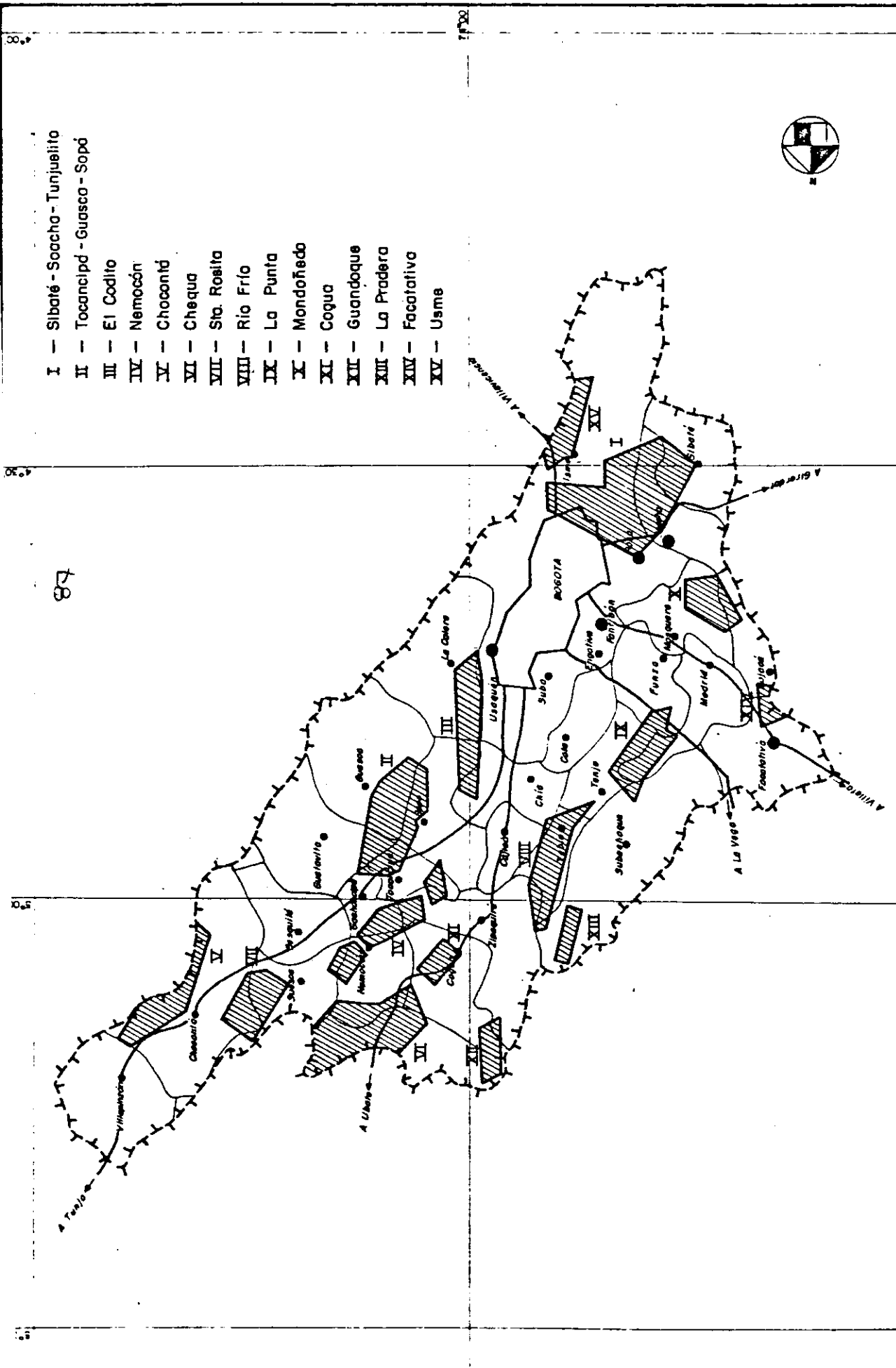
Está ubicada en el borde occidental de la cuenca, al sur de Facatativá. Representa una pequeña unidad de explotación, restringida principalmente a materiales de recibos, arenas y muy localmente material para triturar. Se recomiendan estudios complementarios en las diferentes unidades referenciadas en el mapa.

La superficie aproximada de esta unidad es de 1.000 has.

4.1.15 Unidad XV: Usme

Esta unidad está ubicada al sur de la cabecera de Usme, formando parte del núcleo del Sinclinal de Usme. Constituye una unidad pequeña, con potencial de arenas y gravas de las formaciones Usme y Regadera (S4). Actualmente se presentan pequeñas explotaciones de arenas de la Formación Usme, con una granulometría variada (bien a medianamente gradadas -ver curvas del sector) y pequeñas áreas de gravas de la Formación Regadera. Se recomiendan estudios complementarios en estas unidades para evaluar la calidad de los materiales.

La superficie aproximada de esta unidad es de 2.300 has.



- I - Sibate - Soacha - Tunjuelito
- II - Tocancipd - Guasca - Sopó
- III - El Codito
- IV - Nemocón
- V - Chocontá
- VI - Checa
- VII - Sta. Rosita
- VIII - Río Frío
- IX - La Punta
- X - Mondoñedo
- XI - Coque
- XII - Guandoque
- XIII - La Pradera
- XIV - Facatativa
- XV - Usme

Fig. Nº
G-4-1



DISTRITO
ESPECIAL
DE
BOGOTÁ

ZONAS DE MAYOR POTENCIAL GEOLOGICO DE MATERIALES EXTRACTIVOS

epom lido.

Elaboró: Aprobó:

4.2 CUANTIFICACION DE LAS RESERVAS

Las 15 zonas definidas anteriormente fueron redelimitadas en función de criterios ambientales y urbanos (véase Volumen III) y sobre las zonas así "redefinidas" se hizo la estimación de las reservas posibles de materiales, para lo cual se siguió la metodología explicada en el Anexo No. 2 a este Volumen (véase mapa G-2). Los resultados obtenidos se resumen en los cuadros G-4-1 y G-4-2.

Se puso especial atención en escoger unos parámetros de cálculo de reservas lo más conservadores posibles (espesor, área y densidad principalmente), a fin de facilitar la rehabilitación ecológica de las áreas explotadas y de evitar diferencias muy notorias con respecto a estimaciones más precisas que posteriormente se hagan (a nivel de reservas probables y probadas).

4.2.1 Materiales de peña

De la observación del cuadro G-4-1 se concluye:

- Las reservas de materiales de peña (arenas, rechos y arcillas) en las 15 zonas son ampliamente suficientes para atender la demanda de Bogotá y su área de influencia durante muchos años.
- El potencial varía grandemente de una zona a otra, tanto en volumen como en tipos de materiales. Algunas zonas son especialmente valiosas tanto por el volumen de

sus reservas como por la diversidad de materiales que contienen. Entre ellas se destacan principalmente las zonas I, III, VII y IV.

- En arenas son especialmente ricas las zonas I, III, IV, VII y X.
- En recebos, las mayores reservas se encuentran en las zonas I, IX y XIV.
- En arcillas para ladrillos, los mayores potenciales corresponden a las zonas VI, VIII, XIII, I, VII y II.
- En arcillas cerámicas, las reservas se encuentran principalmente en las zonas VI y II.

4.2.2 Gravas y arenas de río

La observación del cuadro G-4-2 se permite concluir:

- Las reservas de gravas en las cuatro zonas investigadas parecen suficientes para atender la demanda de Bogotá por un período de unos 20-25 años más, si se descuentan las gravas de los 30 a 70 m. en Tunjuelito y las gravas de las terrazas del Siecha.
- En efecto, por razones de tipo ambiental y urbanístico no se considera prudente continuar la profundiza-

30

ción de los huecos de Tunjuelito hasta donde los son
deos indiquen que hay gravas. Además, en Guasca, los
niveles de terrazas indicados en el cuadro correspon
den a tierras muy fértiles, de gran potencial agrope
cuario y turístico.

- Sin embargo, queda aún por determinar si las gravas
de Río Frío y Guasca son suficientemente aptas para
agregados, desde el punto de vista mineralógico.

Por otro lado la mayor parte de los depósitos de gravas, sobre
todo los más importantes, pertenecen a empresas del concreto y
su explotación depende de los planes de expansión de tales em
presas. Por este motivo, en la actualidad parece que la ofer
ta de gravas de la cuenca alta del Río Bogotá no es suficiente
para atender la demanda, por lo cual se ha tenido que recurrir
a la importación de gravas de otras cuencas, especialmente del
Magdalena (zona de Honda, entre otras).

Lo anterior hace ver la necesidad de buscar nuevas fuentes de
agregados. Una de ellas, quizá la más importante, sería la explo
tación de la arenisca dura (S1), la cual sí es abundante en la -
cuenca (véase cuadro G-4-1).

De todas maneras, frente a la escasez de gravas, se cree necesa
rio que la Administración sea flexible en el otorgamiento de per
misos de exploración y explotación de estos materiales en áreas
diferentes a las identificadas en el presente estudio.

RESUMEN DE RESERVAS POSIBLES DE MATERIALES EXTRACTIVOS DE PEÑA
(en Miles de m³)

Cuadro No.G-4-1

Zona No	Nombre	S1	S2	S3	S4	P	C1	C2
I	Sibaté-Soacha	934.800	970.450	420.000	-	482.100	354.400	-
II	Toc.-Guasca-Sopó	-	360.000	-	46.425	16.500	200.000	19.375
III	El Codito	500.400	300.000	722.400	-	74.100	16.950	-
IV	Nemocón	489.400	343.200	-	17.250	46.250	-	-
V	Chocontá	22.000	137.700	87.500	99.600	6.500	131.250	-
VI	Checua	-	49.800	131.200	172.500	-	656.250	165.000
VII	Sta. Rosita	200.000	318.750	130.000	61.250	31.400	236.250	-
VIII	Rfo Frío	120.000	14.100	75.000	-	11.600	485.000	-
IX	La Punta	202.500	-	-	-	130.000	-	-
X	Mondoñedo	78.125	646.650	21.675	-	65.625	20.000	-
XI	Cogua	-	17.500	15.000	12.500	-	187.500	-
XII	Rfo Guandoque	75.000	56.000	-	-	-	179.250	-
XIII	La Pradera	-	105.000	-	-	40.000	471.875	-
XIV	Facatativá	-	375.000	-	-	120.000	-	-
XV	Usme	-	-	-	1'250.000	-	97.500	-
	TOTAL	2'622.225	3'694.150	1'602.775	1'659.525	1'024.075	3'036.225	184.375

RESUMEN DE RESERVAS POSIBLES DE
GRAVAS Y ARENA DE RIO (en m³)

Cuadro No.G-4-2

Zona No.	Nombre	Gravas	Arenas
I.	Rfo Tunjuelito:		
	- Hasta 30 m.	15'360.000	23'040.000
	- De 30 a 70 m.	30'720.000	71'680.000
VIII	Rfo Frfo	5'320.000	7'980.000
IX	Rfo Subachoque	15'600.000	23'400.000
II	Rfo Siecha(Guasca):		
	- Vegas bajas	5'250.000	7'875.000
	- Terrazas	8'460.000	19'740.000
	TOTAL	80'710.000	153'715.000

NOTA: Se debe aclarar que las estimaciones de las reservas de gravas se hicieron con base en la delimitación geológica de los depósitos y en algunos pocos sondeos geoelectricos. Una prospección mas intensiva (con un mayor número de sondeos y perforaciones) permitirá llegar a resultados mas precisos.

4.3 CALIDAD Y UTILIDAD DE LOS MATERIALES

En las secciones 2.1, 2.2, 2.3, 3.1 y 3.2 de este capítulo se hizo una descripción de las características básicas de los diferentes tipos de materiales extractivos, principalmente en cuanto a localización, relaciones con las unidades estratigráficas, calidad y usos actuales más importantes. De la misma manera, en la sección 4.2 se mostró la cuantificación de las reservas a nivel de todas y cada una de las 15 zonas de mayor potencial extractivo definidas por el estudio (sección 4.1).

En esta sección se buscará presentar una síntesis sobre la calidad y utilidad de los materiales extractivos identificados y cartografiados en la cuenca, haciendo referencia especial a sus propiedades físicas y mineralógicas fundamentales.

4.3.1 Arenas para construcción

Las arenas son rocas sedimentarias muebles, constituidas por granos de tamaños entre 2 mm y 20 micrones. En la zona de estudio su principal constituyente es el cuarzo, pero junto con él puede haber restos de otros minerales. La cementación de los granos de arena en rocas más o menos coherentes da lugar a las areniscas. La resistencia y otras propiedades de la arenisca dependen de varios factores, entre los cuales: el contenido de cuarzo y la naturaleza del cementante (silíceo, férrico, calcáreo, arcilloso ...).

Por lo general, las arenas empleadas para construcción son las provenientes de las formaciones cretáceas Arenisca Tierna y Arenisca de Labor y de las formaciones terciarias Cacho, Usme y Regadera.

Sin embargo, existen algunas preferencias en función del uso específico de las arenas:

- Para pañetes se requieren arenas arcillosas, las cuales se encuentran principalmente en las formaciones Cacho y Guaduas, o en sectores con continuas intercalaciones arcillosas. Ejemplos de arenas de este tipo son las muestras E-4 y E-6, cuyos análisis mineralógicos y secciones delgadas se muestran en el anexo petrográfico. Estas muestras presentan contenidos de cuarzo del 53% y 69% y contenidos de arcilla del 18% y 7% respectivamente, además de otras propiedades observables en el anexo petrográfico.
- Para concretos, en cambio, se utilizan preferencialmente las arenas cuarzosas de las formaciones Cacho, Usme y Regadera, caracterizadas por un grano fino a grueso, bien gradadas. Ejemplos de estas arenas son las muestras E-2 y E-7. También son utilizables para este fin las areniscas friables de las formaciones Arenisca Tierna y de Labor (muestra E-5). Los contenidos de cuarzo

de estas muestras resultaron ser superiores al 78% y los contenidos de arcilla inferiores al 11% (véanse otras propiedades en el anexo petrográfico). Conviene anotar que mientras mayor sea la gradación de las arenas, mayor será su utilidad en la preparación de concretos. Las curvas granulométricas de las figuras 1 y 2 y los números 01 y 11 de la figura 12 del anexo de calidad de los materiales son muestras de arenas bien gradadas, aptas para concretos especiales.

4.3.2 Arenas para vidrio

Las principales fuentes de arenas para vidrio son las formaciones Arenisca Tierna y Arenisca de Labor. Se requieren arenas de composición cuarzosa (mas del 95% de cuarzo) color blanco, grano fino a grueso, friables y medianamente cementadas. Por lo general, estas arenas se encuentran en capas de espesores variables intercaladas con las areniscas para construcción.

4.3.3 Piedras para construcción

La principal fuente de piedra para construcción es la Formación Arenisca de Labor. Se requieren areniscas de composición cuarzosa, grano fino a medio, cementación mediana y buen espesor de los estratos, sobre todo si se quiere producir bloques. Para piedra de enchape la arenisca debe estar bien estratificada, en capas de 2 a 4 cm., que puedan separarse facilmente en lajas rú

ticas. Ejemplo de este tipo de rocas es la muestra E-1 del anexo petrográfico, con un 94% de cuarzo, 6% de arcilla y cemento silíceo-caolínico, entre otras de sus propiedades.

4.3.4 Agregados (1)

Hay dos fuentes principales de agregados: la arenisca dura y los depósitos de gravas.

La arenisca dura

Corresponde aproximadamente con la Formación Arenisca Dura o Rai-zal, del Cretáceo Inferior. Se trata de areniscas cuarzosas gri-ses a blancas, de grano fino, bien cementadas, muy duras y resisten-tes, dispuestas en estratos masivos y gruesos. Ejemplo de este -tipo de arenisca es la muestra E-3 del anexo petrográfico, carac-terizada por un grano muy fino, un cemento silíceo y un contenido de cuarzo del 97%, entre otras de sus propiedades.

La utilización de la arenisca dura como fuente de agregados para concreto se enfrenta a un problema técnico, consistente en la ocu-rrencia poco predecible de cambios en la cementación de la roca, originados principalmente en:

- Circulación del agua, gracias a fracturamientos ocurri-dos con posterioridad a la formación de la roca.

(1) Para definiciones véase Volumen II.

- Variaciones en los aportes de los elementos que constituyen el cemento en la cuenca, durante el proceso de formación de la roca. Esto indica que, aunque el cemento de la arenisca dura es silíceo, localmente puede haber influencia de otros cementantes, tales como yeso, carbonato de calcio, dolomita, óxidos de hierro u otros, que vuelven más friable la roca y, por lo tanto, no apta para agregados.

Las figuras 9, 10, 11, 12, 13 y 14 del anexo de calidad muestran curvas granulométricas típicas correspondientes a la arenisca dura. En ellas se observa la predominancia neta de las gravas, cantos y arenas gruesas.

Los depósitos de gravas

Los depósitos de gravas no son muy abundantes en la cuenca alta del Río Bogotá. Para fines prácticos, las dos fuentes más importantes son los depósitos recientes de los principales ríos a su entrada a la Sabana y las terrazas aluviales más antiguas ubicadas en los valles de estos ríos, aguas arriba de la Sabana (véase sección 2.2.3 de este mismo capítulo).

Las gravas de mejor calidad para la industria del concreto, así como las de mayores volúmenes de reservas son las de los depósitos recientes de los bordes de la Sabana, en particular las co -

respondientes a los ríos más largos, tales como el Tunjuelito, el Subachoque y el Frío. En efecto, los mayores trayectos de arrastre en estos ríos han permitido una mejor selección de las gravas en cuanto a sus propiedades de dureza y resistencia, así como en cuanto a tamaños.

Las gravas de las terrazas más antiguas ubicadas aguas arriba - de la Sabana presentan dos problemas:

- El volumen de sus reservas es generalmente bajo, debido a la escasa profundidad de sus depósitos (de 3 a 8 m.).
- La calidad es bastante heterogénea, debido a la mezcla de gravas de diferentes tipos de materiales (areniscas duras, areniscas friables, liditas, lutitas y otras) o al grado de alteración de los materiales más duros de los depósitos.

Esta situación, unida al hecho de que sobre tales terrazas se encuentran por lo general los suelos agrícolas más valiosos de las cuencas altas, hacen poco recomendable la explotación de este tipo de depósitos.

Los mismos problemas de calidad se pueden mencionar (y en mayor grado) con respecto a los contados depósitos morrénicos observables en las cuencas altas de los ríos Tunjuelito, Muña y Siecha.

Pero, en este caso, se presenta otro limitante serio para su explotación: su localización en zonas protectoras de aguas y/o en áreas de jurisdicción de Parques Nacionales Naturales (caso de la parte alta del Tunjuelito).

Por las anteriores razones, el estudio no recomienda la explotación extractiva de las terrazas y morrenas y, por la misma razón, no se consideró útil realizar análisis o estudios de caracterización granulométrica y mineralógica de detalle de tales depósitos.

Una excepción a este tratamiento general lo constituye la cuenca alta del Río Guandoque, la que presenta una extensión apreciable de depósitos fluvio-torrenciales, por lo cual fué incluida dentro de las 15 zonas preseleccionadas en este estudio para fines extractivos. Sin embargo, evaluaciones posteriores de tipo ambiental y socioeconómico permitieron poner de relieve importantes limitaciones de esta zona (protección de aguas, entre otras), lo que motivó prácticamente su exclusión, al quedar en el último lugar en el análisis de alternativas (Vol. IV).

En cambio, se creyó necesario realizar un estudio de mayor detalle de los depósitos recientes de los ríos Tunjuelito, Subachoque, Frío y Siecha (Guasca), con el fin de evaluar el volumen de sus reservas posibles y la composición granulométrica global de sus materiales. Tal estudio, basado en fotogeología (para delimitación de las unidades) y en sondeos geoelectricos (para determinar

profundidad y composición global), se presenta como anexo a este volumen (Anexo No. 3).

No se realizaron análisis de laboratorio sobre la calidad de las gravas de estos depósitos recientes por problemas de costos (1) y además porque, para los fines del presente estudio, las evaluaciones cualitativas atrás mencionadas se consideraron suficientes.

Hacia el centro de los valles, en las formaciones Tilatá y Suba-choque, se encuentran frecuentemente depósitos de arenas de bajo grado de consolidación, de grano fino a grueso, localmente conglomeráticas, pobremente gradadas, con intercalaciones lenticulares de gravas finas y arcillas. En el sector de Chocontá, la Formación Tilatá es predominantemente arenosa, constituyendo un área de interés en arenas para concreto. La evaluación de la calidad y el volumen de estas arenas es bastante difícil debido a las variaciones en el tamaño del grano y a los continuos niveles arcillosos intercalados en ellas.

4.3.5 Recebos

Como se anotó en la sección 2.1, los recebos de mejor calidad son los constituidos por liditas y arcillolitas silíceas de la Formación Plaeners, disgregadas en fragmentos tamaño grava, en forma de pequeñas "panelitas".

Sin embargo, los cambios en la composición silícea de esta unidad,

(1) Para que tales análisis fueran representativos se requeriría realizar perforaciones y tomar muestras a diferentes profundidades.

a limolitas y arcillolitas plásticas de estratificación muy fina, desmejoran su calidad y delimitan notoriamente su utilidad como rechos. Tales cambios son comunes, tanto vertical como horizontalmente, por lo cual una cartografía detallada de los niveles homogéneos de material silíceo se hace prácticamente imposible a la escala del presente estudio.

Los rechos silíceos son especialmente aptos para bases y subbases en la construcción de carreteras. A falta de mejores materiales, los rechos arcillosos pueden ser utilizados (y lo son de hecho) en el mantenimiento de carreteras veredales o intermunicipales de poco tráfico.

4.3.6 Arcillas

Las propiedades de las arcillas dependen fundamentalmente de su estructura. Desde el punto de vista mineralógico, las arcillas son silicatos hidratados de aluminio, generalmente subdivididos en dos grupos: los minerales filíticos, tales como la caolinita (2 láminas), la montmorillonita (3 láminas) y la illita (estructura de mica); y los minerales fibrosos, con una estructura en bandas de tetraedros, tales como la sepiolita y la atapulgita. En algunos de ellos, el aluminio (Al) puede estar reemplazado por magnesio (Mg) o por hierro (Fe) y los álcalis o alcalinotérricos pueden estar presentes como constituyentes esenciales.

Desde el punto de vista sedimentológico, las arcillas conforman -

la fracción granulométrica de partículas de talla inferior a 2 micrones.

En la naturaleza, las rocas arcillosas, además del mineral arcilloso, contienen generalmente en proporciones variables granos de cuarzo, limolita, hojas de mica, carbonatos, feldespatos y otros minerales.

Las características de las rocas arcillosas son muy variables. Se puede decir que no hay dos ladrilleras que utilicen arcillas iguales. Afortunadamente, la mayor parte de las rocas arcillosas son utilizables en la industria.

Si se considera la textura global, una pasta adecuada para ladrillo debe tener la siguiente composición promedia:

- Arcillas..... : 40%
- Limos..... : 20%
- Arenas..... : 40%

Por otra parte, es necesario que la plasticidad del material no sea ni muy alta ni muy baja. La plasticidad depende del tipo - y del contenido de arcilla.

Una plasticidad muy alta da lugar a lo que se conoce como "arcillas grasas" y tiene las siguientes desventajas:

- Alarga el tiempo de secado del ladrillo (véase Vol.II).
- Produce agrietamientos y torciones durante el secado.
- Es causa de resquebrajamientos del ladrillo en el proceso de cochura.
- Origina atascamientos en las máquinas procesadoras.
- Dificulta la humidificación homogénea del material.
- Incrementa la contracción durante el secado.

En el otro extremo, una "arcilla magra", o de baja plasticidad, presenta las siguientes desventajas:

- Incrementa la temperatura de cocción.
- Disminuye en forma excesiva la resistencia mecánica de las piezas, tanto crudas como cocidas.
- Incrementa la porosidad y permeabilidad del ladrillo - terminado.
- Incrementa la absorción de agua en los ladrillos terminados.

Se consideran óptimos los materiales con plasticidad entre 25 y 30%. Sin embargo, es posible disminuir o aumentar la plasticidad de un material al mezclarlo en proporciones adecuadas con otro material de menor o mayor plasticidad, según el caso.

Además de la proporción de mineral arcilloso, el tipo de arcilla es determinante en el grado de plasticidad del material. De los dos tipos de arcilla que predominan en la cuenca alta del Río Bogotá, la caolinita es muchísimo menos plástica que la montmorillonita, debido a las siguientes razones:

- El menor tamaño de la montmorillonita, la cual se presenta en fracciones menores de 0.2 micrones y por lo tanto tiene más superficie específica.
- El mayor espacio interlaminar de la montmorillonita, por lo cual el porcentaje de humedad puede ser mayor.
- La montmorillonita tiene más cargas negativas efectivas, ya que presenta entre 80-100 y 120 miliequivalentes/100 gramos de arcilla, mientras la caolinita apenas alcanza 5-10-15 miliequivalentes/100 gr.

De un total de 298 análisis físico-químicos compilados en un estudio sobre las arcillas de la Sabana (1), el 4.7% presentó plasticidad por debajo de 25%, el 14.1% entre 25 y 30%, el 40.9% entre 30 y 40%, el 25.2% entre 40 y 50% y el 15.1% más del 50%.

(1) Carter H., Tenjo S., Torres E., 1963. "Compilación de estudios sobre arcillas en la Sabana de Bogotá". Boletín Geológico. Vol. XI, No. 1-3. pp. 17-118. Servicio Geológico Nacional. Bogotá, D.E.

La observación de la distribución regional de las muestras permitió llegar a las siguientes conclusiones:

- La mayor parte de las muestras con plasticidad inferior a 30% corresponden a arcillas de las formaciones Bogotá, Guaduas, Usme y Tilatá.
- Al contrario, la totalidad de las muestras con plasticidad mayor del 40% y la absoluta mayor parte de las muestras con plasticidad entre 30 y 40% corresponden a arcillas de la Formación Sabana.

Otro indicador de la calidad de las arcillas es el "cono pirométrico equivalente PCE", el cual representa un índice numérico de la temperatura de fusión de la muestra. Así, arcillas con PCE superior o igual a 29 se clasifican como refractarias, entre 19 y 29 como subrefractarias, de 13 a 19 para productos de gres y de 13 o más para ladrillo.

De un total de 267 análisis reportados en el estudio sobre arcillas atrás mencionado (1), el 34,4% presentó un PCE entre 13 y 19, el 52.1% entre 20 y 28 y el 13.5% superior o igual a 29.

Ahora bien, la observación de la distribución regional de las muestras respectivas permitió llegar a las siguientes conclusiones:

(1) Carter H. y otros, op. cit.

- Las arcillas aptas para material refractario se encuentran principalmente en las áreas de Guasca, La Calera, Tabio, Subachoque y Usme, correspondiendo principalmente a las formaciones Bogotá, Tilatá y Usme, si bien es de anotar que una gran parte corresponde a la Formación Sabana.
- Las arcillas para gres, ladrillo y material subrefractorio no parecen presentar desde el punto de vista del PCE una predilección especial por alguna formación geológica.

Un tercer indicador de la calidad es la contracción térmica del material, especialmente útil en el análisis de arcillas para ladrillo. Se considera que las mejores arcillas para construcción son las que presentan una contracción no mayor del 8% y máximo del 10%. Esta propiedad está estrechamente ligada con la plasticidad del material, por lo cual el control de esta última puede permitir obtener una contracción adecuada.

La composición química de los materiales arcillosos es asimismo muy importante. En particular, es necesario detectar la presencia de ciertos minerales, que en ciertas proporciones pueden llegar a ser perjudiciales para la industria ladrillera y/o alfarera. Ellos son (1):

(1) BUITRAGO C., 1971. "Arcillas para ladrillería en el Municipio de Ibagué. Departamento del Tolima". INGEOMINAS. Informe No. 1607. Bogotá. D.E.

- La mica, cuya estructura foliada hace perder cohesión al ladrillo. Su eliminación se logra mediante costosos procesos de molienda.
- La calcita (CaCO_3), la cual pasa a Ca(OH)_2 en el proceso de cochura, se hidrata y aumenta de volumen, produciendo explosiones que pueden llegar a ser peligrosas, sobre todo cuando se encuentra en forma de guijarros o en una proporción mayor al 8%.
- El yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), de acción similar a la de la calcita.
- La pirita (FeS), la cual se descompone fácilmente durante la cocción, originando ladrillos con fallas notables en cuanto a compactación y presentación.
- La hematita y la limolita, cuya presencia puede ser perjudicial cuando se encuentran en nódulos o concreciones, o cuando su contenido pasa del 12%. En proporciones menores, sus efectos son benéficos para el proceso de cocción.
- La materia orgánica, la cual reduce la estabilidad del ladrillo durante el secado y produce resquebrajamiento y porosidades durante la cocción.

Como es lógico suponerlo, algunos tipos de productos requieren arci

llas de características químicas especiales. Así por ejemplo, una buena arcilla para gres debe tener la siguiente composición (2):

- Sílice (SiO_2)..... : Mínimo 60%.
- Alúmina (Al_2O_3)..... : Mínimo 20%.
- Calcio (CaO)..... : Mínimo 2%.
- PCE..... : 13 a 19.

Características similares o iguales a éstas pueden ser logradas mediante la adición de correctores.

En el curso del presente estudio se realizaron algunos análisis mineralógicos de arcillas pertenecientes a la Formación Tilatá, y empleadas en la producción de cerámica fina. Estos análisis mostraron que el mineral más importante de estas arcillas es la caolinita, con contenidos superiores al 50%. Le sigue en importancia el cuarzo, con contenidos entre 15 y 50%. Las micas, la montmorillonita y los interestratificados se encuentran como trazas o en proporciones menores del 15%. El predominio de la caolinita fué igualmente reportado por García S. (1979), para arcillas del Valle de Tabio, igualmente pertenecientes a la Formación Tilatá.

Los cuadros Nos. 17 y 18 del anexo de calidad de los materiales permiten apreciar la composición química y/o mineralógica de algunas muestras pertenecientes a varias formaciones geológicas de la cuenca.

En resumen, es posible avanzar las siguientes conclusiones:

- Las arcillas caoliníticas, es decir, aquellas en que el mineral predominante es la caolinita, parecen ser las más adecuadas tanto para la fabricación de ladrillo como de cerámica en general (alfarería). Este mineral predomina netamente en las formaciones Tilatá, Bogotá y Guaduas.
- Las arcillas de la Formación Sabana, sobre todo sus niveles superficiales, poseen alta plasticidad y expandibilidad, debido a su composición montmorillonítica, y son poco aptas para las industrias ladrillera y alfarera.
- Las lutitas negras carbonosas tampoco son utilizables como materias primas para la fabricación de ladrillos y cerámicas, debido a su alto contenido en materia orgánica y en materiales ricos en pirita y calcita, cuya reacción produce yeso.
- Con base en lo anterior y observando el mapa geológico de materiales (G-1), se puede afirmar que la industria ladrillera cuenta con materia prima para su desarrollo prácticamente en toda la cuenca alta del Río Bogotá. La industria de gres, de la cerámica fina, así como de los refractarios también cuenta con arcillas aptas en varias partes

de la cuenca, quedando además la posibilidad de agregar corectivos en los casos en que las arcillas disponibles no sean las óptimas para tales usos.

El color de la arcilla no es un limitante para su uso (véase Vol.II). Esto se debe a que los elementos cromóforos no constituyen un factor de calidad, debido o bien a su naturaleza o bien a las muy pequeñas cantidades en que se encuentran. El color rojo se debe a óxidos de hierro; el color amarillo a hidróxidos de hierro tipo goetita; el color azulado o violáceo se debe a óxidos de manganeso; los colores grises y verdosos aparecen en situaciones intermedias.

4.3.7 Diatomitas

La diatomita es una roca o tierra sedimentaria silícea, de color blanco o casi blanco, constituida esencialmente por fragmentos de algas diatomáceas fosilizadas. Se conoce también como "tierra de quiselgur" y "tierra de infusorios"

Sus principales características son su bajo peso específico, su alto contenido en Si O₂, alta porosidad, baja conductividad del calor y gran capacidad absorbente y de abrasión. Estas propiedades hacen a este material muy útil para filtros, material aislante del calor y del ruido, abrasivos suaves, jabón, pasta para dientes, insecticidas, bactericidas, así como en la industria del caucho y las pinturas.

Las reservas de La Herrera son cercanas a 1 millón de m³, con espesores entre 1 y 3 m., buena calidad, color blanco y pocas impurezas.

4.3.8 Resumen

Teniendo en cuenta los ensayos y análisis hechos por otros autores y los realizados para este trabajo se logró elaborar los cuadros - G-4-3 y G-4-4, los cuales muestran la utilidad de cada uno de los materiales que se presentan en las diferentes formaciones geológicas de la cuenca alta del Río Bogotá.

Por otra parte, las unidades del mapa G-1 deben considerarse como - unidades homogéneas desde el punto de vista litológico, es decir, - desde el punto de vista de la naturaleza de los materiales y de su calidad y utilidad. Evidentemente, la calidad de los materiales - no es "exactamente" la misma dentro de una misma unidad cartográfica, sino que hay variaciones alrededor del patrón descrito en las - páginas anteriores. Pero tales variaciones son manejables a nivel regional con fines de localización de industrias y selección de tecnologías de extracción y procesamiento.

Dentro del mismo orden de ideas es conveniente anotar que los análisis de laboratorio efectuados o consultados en desarrollo del estudio pueden considerarse adecuados para la caracterización global de las unidades, pero no para el conocimiento en detalle de las variacio-

nes de composición y calidad de los materiales a nivel de cada uni
dad, o para el diseño de explotaciones localizadas. Para estos fi
nes se requieren análisis de laboratorio más densos y detallados,
que salen del alcance del presente estudio, siendo más de la responsabi
lidad de los propios industriales y no de la Administración.

Esto es particularmente válido para las gravas, cuya evaluación de
calidad se realizó con base en criterios cualitativos, de tipo geo
lógico.

MATERIALES NO CONSOLIDADOS

Cuadro No. G-4-3

Unidad Litológica (Formación)	Descripción	Utilidad
Depósitos aluviales recientes	Depósitos de gravas y cantos en matriz arenosa, expuesta en los valles de los ríos principales	Han sido explotados para agregados de concreto.
Terrazas aluviales (Formación Subachoque)	Gravas, cantos y arenas con niveles de limos y arcillas.	Fuente de arenas y material para agregados.
Coluvios Qc	Cantos y bloques de diferente tamaño en una matriz areno-arcillosa. Se ubican en las laderas de los valles, marginal a las serranías.	Utilización parcial de los bloques para extracción de piedra.
Depósitos fluvio-glaciares.	Grandes bloques, cantos y gravas de areniscas en una matriz areno-limoso y areno-arcillosa.	Utilización parcial de los bloques de mayor tamaño.
Formación Sabana	Arenas arcillosas, limos y arcillas plásticas, localmente diatomitas y cenizas volcánicas.	No apto como material de construcción. Material puzolánico en los niveles de diatomitas.
Formación Tilatá.	Arcillas grises, caoliníticas; arenas de grano fino a grueso y lentes de gravas.	Material para cerámica. Fuente de arenas para construcción y concretos.

MATERIALES CONSOLIDADOS

Cuadro No. G-4-4

Unidad Litológica (Formación)	Descripción	Utilidad
Formación Chipaque	Shales grises oscuros, carbonosos, con niveles de areniscas	Sin importancia
Arenisca Dura	Areniscas cuarzosas de grano fino, color claro, duras, bien cementadas, en estratos gruesos y macizos, con niveles de arcillolitas y limolitas silíceas.	Material para agregados y piedra.
Plaeners	Limolitas silíceas, arcillolitas y lilitas, estratificación delgada con niveles de areniscas de grano fino, duras.	Material de recebo, material para agregados de los niveles de areniscas y lilitas, arcilla para cerámica de los niveles de plaeners caolíníficos.
Arenisca Labor	Areniscas cuarzosas de grano fino a medio, medianamente cementadas en bancos medios y gruesos con niveles de areniscas cuarzosas blancas.	Fuente de arenas para construcción. Arenas para vidrio, piedra y enchapados.
Arenisca Tierna	Areniscas cuarzosas color blanco y amarillo, grano fino a medio, pobremente gradadas y friables.	Fuente de arenas para mezclas y arenas para vidrio en los niveles de areniscas cuarzosas-blancas.

Continuación Cuadro No. G-4-4

Formación Guaduas	Arcillolitas limosas (lutitas) predominantemente rojas con niveles de areniscas cuarzosas friables.	Fuente de materiales para construcción (ladrillos, bloques, tejas, etc), arenas de los niveles de areniscas friables.
Formación Cacho	Areniscas de grano fino a grueso lotalmente friables, con niveles de arcillas y niveles ferruginosos	Fuente de arenas para mezclas y concretos.
Formación Bogotá	Arcillolitas puras y arcillolitas limosas (lutitas) abigarradas, predominantemente rojas, blancas con intercalaciones de areniscas arcillosas.	Fuente de material para construcción (ladrillos, tejas, etc).
Formación Regadera	Areniscas cuarzosas, grano fino a grueso, conglomeráticas con lentes de gravas y niveles de arcillas.	Fuente de arenas para construcción y concretos. Material para construcción (ladrillos, tejas, etc).
Formación Usme	Arcillolitas con intercalaciones de areniscas de grano fino en la base y areniscas cuarzosas de grano grueso, conglomeráticas en la parte superior.	Fuente de arenas y material para construcción (ladrillos, tejas, etc) de sus niveles arcillosos.

BIBLIOGRAFIA

GEOLOGICA

- 1) ALTO K.P., 1971. "Petrografía de las areniscas de la Sección Estratigráfica de Bogotá", 30 pp. 7 fotos. Geología Colombiana No. 8. Universidad Nacional de Colombia.
- 2) ALVARADO, B., 1974. "Informe sobre algunas explotaciones de piedra en la ribera sureste del río San Cristóbal"
- 3) 1941. "Arcillas refractarias en Colombia". Inst. Geol. Nat.
- 4) ARCE M., 1968. "Deslizamientos en el Barrio Montebello. Bogotá"
- 5) ARIAS M., 1962. "Observaciones geológicas generales en la región de Villapinzón. Departamento de Cundinamarca"
- 6) BURGL, H., 1955. "La Formación Guadalupe entre Tabio y Chía" (Inf. 1108) Bol. Geol. Vol. III No. 1, 33 pp. 4 pls. Bogotá.
- 7) 1958. "Geología de los alrededores de Subachoque". Inst. Geol. Nat. Bogotá.
- 8) 1958. "Bioestratigrafía de la Sabana de Bogotá y sus alrededores". Bol. Geol. Vol. V No. 2 con 1 mapa y 19 pls. Inst. Geol. Nat. Bogotá.
- 9) 1959. "Sedimentación cíclica en el geosinclinal cretáceo de la Cordillera Oriental de Colombia". Bol. Geol. Vol. II No. 1-3 Inst. Geol. Nat.

- 10) CAR, 1963. "Hidrogeología del Area de la CAR."Elaborado por Development and Resources Corporation.
- 11) CAR, 1979. Acuerdo No. 33 de 1979.
- 12) CAR,"Estudio para Aguas Subterráneas en el Sur de la Sabana de Bogotá, con perfiles geoelectricos",elaborado por -
TAHAL.
- 13) CAR,"Datos estratigráficos de los sondeos existentes en la Sabana de Bogotá." Italo Reyes y María de Reyes.
- 14) Fandiño Enrique, 1967. "Complementación de las perforaciones realizadas en el área de la Sabana de Bo
gotá." Serv. Geol. Nal. Inf. 1533 (1967).
- 15) CAR, 1969."Investigación Geofísica del Proyecto CAR." Instituto de Investigaciones Petroleras y Geofísicas de Israel para la TAHAL CONSULTUNG Engineers Ltd.
- 16) CAR, Escobar J. 1979. "Investigación geoelectrica Facatativá". Proyecto CAR, Bogotá.
- 17) CAR, 1982."Estudio de factibilidad de explotación de agua subterránea (Facatativa. Cundinamarca)".Por Silvio A.
Suárez con G.S.E.V. Bogotá.
- 18) CAR, 1983. "INFORME TECNICO Pozo El Rosal (Subachoque)".Preparó Silvio A. Suárez.

- 19) CAR, 1983. "INFORME TECNICO No. 2 (Bojacá Cundinamarca) con registro eléctrico y descripción litológica."
- 20) CAR, 1983. Expediente 2720 CAR.
- 21) Fandiño E. Est. Geol. "Gravillera Central de Mezclas"
- 22) Fandiño E, M. 1967. "Compilación de las perforaciones realizadas en la Sabana de Bogotá" Serv. Geol. Nal - Inf. 1533.
- 23) Julivert, M., 1962. "Estudio sedimentológico de la parte alta de la Formación Guadalupe, al este de Bogotá" U.I.S. Bol. de Geol. No. 10 pag. 55-58.
- 24) CAR, Ingenam Ltda, 1982. "Estudio de explotación técnica y recuperación ecológica, Gravilleras San Carlos" 57 pp. 5 fig. 6 pls.
- 25) Ingesan, 1980. "Estudio de Explotación técnica y recuperación ecológica de gravilleras Filaurí"
- 26) CAMPBELL, SANDFORD, COLE, FOOSE; "Seeley W. Mudd Series Industrial Mineral and Rocks (AIME)"
- 27) CARTER H.; TENJO, S; TORRES, E., 1963. "Compilación de los estudios sobre arcillas en la Sabana de Bogotá" Boletín Geol. Vol. XI No. 1-3 pp. 17-118 (INFORMES 1404, 1415, 1420, 1421, 1429, 1430, 1439) Serv. Geol. Nal.

- 28) CARREÑO B.J., "Investigación geoelectrica en la evaluación de reservas de grava y arena en la cantera La Fiscalá" - (Concreto-Diamante). INGEOMINAS. Bogotá.
- 29) DE LA ESPRIELLA, R., 1959. "Investigaciones sobre carbones Maes - trichtianos al sureste de Bogotá" Serv. Geol. Nal. - Col. Inf. 1335 Bogotá.
- 30) y VILLEGAS, R., 1960. "Geología de la carretera Bogotá-Choachí" Serv. Geol. Nal. Inf. 1356.
- 31) 1961. "Investigaciones sobre calizas al este de la Sabana de Bogotá" Inf. 1313 (Vol. V No.1-3 1959) 30 pp. 5 figs.
- 32) DEL RIO, A., 1947. "Mapa geológico de Cundinamarca"
- 33) 1949, "Aguas subterráneas en Bogotá y sus alrededores" Dpto. de Cundinamarca, Inf. 707. Serv. Geol. Nal. Bogotá.
- 34) 1953. "Hidrogeología en terrenos del Colegio de Ntra. S. del Rosario"
- 35) GARCIA, S., 1979. "Estudio sistemático de un yacimiento de arcillas. Sur de Tabío, Sabana de Bogotá." Tesis de grado U.N. Dpto. Química.

- 36) GIL, E., 1976. "Ocurrencias minerales en el Dpto. de Cundinamarca". Compilación. Ser. Geol. Nal.
- 37) GOMEZ, H., 1981. "Consideraciones litoestratigráficas y genéticas sobre la secuencia sedimentaria compleja presente en los alrededores de Bojacá y Madrid". Cundinamarca. Re
vista CIAF 6 (1-3) 201-214.
- 38) HERRERA J.B., y MATEUS L.C. 1977 "Geología Económica Cundinamarca". INGEOMINAS, Bogotá.
- 39) HUBACH, E., 1957. "Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores". Bol. Geol. Vol. No. 2p. 94-112 con 1 mapa y 2 columnas estratigráficas. Inst. Geol. Nal. Col. Bogo
tá. (Inf. 785 de 1951).
- 40) 1953. "Materiales de construcción Finca Mariel o Punta de Suba". Inst. Geol. Nal. Marzo.
- 41) 1953. "Hidrogeología, Hospital San Carlos", Bogotá, Inst. Geol. Nal. Bogotá.
- 42) 1953. "Condiciones geológicas entre Las Cruces y San Cristóbal".
- 43) 1951. "Yacimientos importantes de caliza para cal agrícola en Colombia, Bogotá". Inst. Geol. Nal.
- 44) 1947. "Reconocimiento del área La Calera, Sopó, Guata
vita, Guasca".

- 45) 1933."Explotación geológica del terreno situado abajo de la confluencia de los riachuelos Tunjuelo y - Chisacá, Cundinamarca". Inf. 217, 4 pp, 2 lám, cortes. (Tomo VII de Comp.).
- 46) 1933."Apreciación del proyecto Teusacá para abasto de agua de Bogotá."
- 47) 1929."Informe relativo a la cubicación del banco de cal de la Siberia perteneciente a Cementos Samper"
- 48) 1927."Reconocimiento del área de La Calera-Sopó-Guatavita, Guasca- Cundinamarca". Inf. 158, 10 pp, lám, (Tomo VIII-1950). Compilación de Estudios Geológicos, Oficiales en Colombia.
- 49) IGAC. 1982. "Mapa de la Sabana de Bogotá". Esc. 1:100.000.
- 50) 1978."Mapas Topográficos". Esc. 1:10.000 de la Sabana de Bogotá.
- 51) INSTITUTO GEOLOGICO NACIONAL, 1950. "Apéndice a los trabajos geológicos de campo con destino al Acueducto Municipal de Bogotá".
- 52) 1952."La influencia de las excavaciones en la Fábrica de Ladrillos Falate y Los Alpes sobre el corrimiento del terreno en la zona de la tubería del Acueducto de Bogotá".

- 53) 1956. "Arcillas refractarias en Colombia. Materias primas básicas de industria en Colombia". Bogotá.
- 54) JULIVERT, M., 1963 b. "Los rasgos tectónicos de la región de la Sabana de Bogotá y los mecanismos de formación de las estructuras"; Boletín de Geología, U.I.S. Nos. 13-14. p. 5-104, figs. 31, fotos 4, mapa, Bucaramanga.
- 55) LOBO GUERRERO, A. y Cia. Ltda, 1975. "Estudios geológico de 2 lotes en la Vereda Fusunga (Soacha), para Ladrillera Santa Fé". 20 pp, 22 fotos, 2 cuadros y 4 pls. Bogotá.
- 56) MAC LAUGHLIN, D, Jr; ARCE, M, et. al, 1969. "Geología del cuadrángulo K 11 "Zipaquirá". Ingeominas, con la colaboración del U.S. Geological Survey, Bogotá.
- 57) y ARCE, M, 1972. "Recursos minerales de parte de los Departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Meta". Bol. Geol. Vol. XIX No. 1 con 97 pp., 5 cuadros, 21 figs, y 10 pls.
- 58) MANJARRES, G., 1958. "Hidrogeología de Bogotá y alrededores", Serv. Geol. Nal.
- 59) MOLANO, C, CARRING, J, 1981. "Resultados de los estudios efectuados en el Proyecto Hidrogeológico de Madrid-Mosquera-Funza". Ingeominas, Bogotá.

- 60) MOSQUERA M, 1975. "Geología de la Sabana de Bogotá y Estudios geológicos de la parte NE de la Sabana de Bogotá", INGEOMINAS.
- 61) MEYER, H., "Descripción de la perforación Pozo No. 1 ("Codito"). Hacienda La Pradera," Municipio de Subachoque.
- 62) OPPENHEIM, V, 1940. "Glaciaciones Cuaternarias en la Cordillera - Oriental de Colombia." Ingeominas, Bogotá.
- 63) PEREZ, G.; SALAZAR, A., 1978. "Estratigrafía y facies del Grupo Guadalupe." Geología Colombiana No. 10 con 80 pp., 1 mapa, 3 columnas estratigráficas y 32 láminas fotográficas. Dpto. Geociencias. U. Nacional de Colombia y Soc. Col. Geología, Bogotá.
- 64) RENZONI, G., 1962. "Apuntes acerca de la litología y tectónica de la zona al este y sureste de Bogotá." Bol. Geol. Vol. X No.1-3 40 pp, 8 figs, 4 fotos. Bogotá.
- 65) 1965. "Geología del Cuadrángulo L11 "Villavicencio". Serv. Geol. Nal. de Colombia. Bogotá.
- 66) RESTREPO Y URIBE LTDA, 1984. "Estudio de fuentes de materiales para construcción y conservación de carreteras en la Zona 2, Distrito 8" Para el MOP (Dirección de carreteras).

- 67) RESTREPO, H., 1962. "Estudio geológico del páramo al E de Bogotá", en Bol. Geol. Vol. IX No. 1-3, pp. 125-142, Serv. - Geol. Nal. Bogotá.
- 68) REYES, I; MARIA DE REYES, 1962. "Análisis y recopilación de los datos geohidrológicos existentes en la Sabana de Bogotá" CAR, 77 pp, Bogotá.
- 69) RONDEROS, A., 1957. "Canteras de Palacio" Informe para Cementos - Samper.
- 70) ROYO Y GOMEZ, J., 1941. "Las explotaciones de material rocoso y el ornato y seguridad de Bogotá" Inf. 327, 11 pp, 4 figs. 4 fts, (Tomo V de comp. de Est. Geol. Ofic. de Colombia).
- 71) 1942. "Informe sobre las explotaciones rocosas del Municipio de Bogotá"
- 72) 1949. " Mapa Geológico de Bogotá, del centro y sur de su Sabana y breve explicación" Dpto. de Cundinamarca. Inf. 674 Serv. Geol. Nal. Bogotá.
- 73) SARMIENTO A, A., 1945. "Deslizamiento de la parte suroeste del Parque Nacional" Serv. Geol. Nal.
- 74) 1947. "Estudio para explotación de arenisca en la Hacienda "El Libano". La Calera. Inst. Geol. Nal.

- 75) et. al. 1961. "Mapa Geológico de la plancha K 10". Villeta. Serv. Geol. Nal.
- 76) SCHEIBE A, E., 1929. "La región de las Haciendas "Casablanca y - Terreros", al Sureste de Bosa". Inf. 374, 3 pp, 1 fig. Comp. Est. Geol. Ofic. en Colombia.
- 77) SUAREZ, H, V., 1942. "La zona de deslizamiento del Parque Nacional". Serv. Geol. Nal. Col. Tomo V de Comp. est. Geol. Ofic. en Col. 5 pp. 1 lám.
- 78) SUESCUN, G, D., 1965. "Geología del Cuadrángulo L 11. Villavicencio". Mapa Serv. Geol. Nal. Bogotá.
- 79) TNO (Gronwater. Survey). 1975. "Investigación de aguas subterráneas en la Sabana de Bogotá". Proyecto CAR II Etapa. CAR Bogotá. Cooperación Técnica Bilateral entre la República de Colombia y el Reino de los países.
- 80) UJUETA, G., 1962. "Geología del Noreste de Bogotá Bol." Geol. Vol. IX No. 1-3 (Inf.1412) 44 pp, 7 pls, 5 figs, 7 fts, 1 mapa. Bogotá.
- 81) 1959. "Arena, Hacienda San Isidro." La Calera. Serv. Geol. Nal.
- 82) 1968. "Sal en la Cordillera Oriental de Colombia" Bol. Geol. No. 21 U.I.S. Bucaramanga.

- 83) VALDIRI, J., 1966. "Relación de trabajos realizados para el reconocimiento preliminar de la zona IV del inventario minero." Serv. Geol. Nal.
- 84) VAN DER HAMMEN, T., 1960. "Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continentales y tectogénesis de los Andes Colombianos" Bol. Geol. Vol. VI No. 1-3 (Inf. 1279) 56 pp, 7 pls, Bogotá.
- 85) y GONZALEZ, E., 1963. "Historia del clima y la vegetación del Pleistoceno Superior y del Holoceno de la Sabana de Bogotá" Bol. Geol. Vol. V.
- 86) 1958. "Investigaciones de algunos importantes yacimientos de Diatomita, caolín y arcilla de la Sabana de Bogotá"
- 87) 1957. "Estratigrafía Palinológica de la Sabana de Bogotá" con 3 pls, pp. 189-203 del Bol. Geol. Vol. V - No. 2. Inst. Geol. Nal.
- 88) et. al. 1980. "Gufa de Excursión Sabana de Bogotá". Primer Seminario sobre el Cuaternario en Colombia. Publicación cortesía de "Texas Petroleum Company" Bogotá.
- 89) WOKITEL, R., 1957. "Areneras en la Vereda El Libano. La Calera" Cundinamarca.
- 90) 1954. "Los efectos sobre los terrenos causados por la explotación de calizas en la Siberia". Inst. Geol. Nal.

- 91) PORTA, J, de, 1974."Lexique stratigraphique international, Vol.V
Amerique Latine; Fascicule 4b Colombie, Tertiaire et
Quaternaire, 689 p, 13 fig. XI cuadros.