

000001

E 192



BOGOTANA DE AGUAS Y SANEAMIENTO
SUEZ LYONNAISE DES EAUX - DEGREMONT ESP S.A.

B A S

Santafé de Bogotá, D. C., Noviembre 28 de 1.997

Doctora
BEATRIZ ELENA ALZATE
COORDINADORA
ÁREA ANÁLISIS DE RIESGOS
U. P. E. S.
Santafé de Bogotá, D.C.

Ref.: 1139/RAC/rac

Respetada Doctora Beatriz Helena:

Con el fin de obtener el concepto técnico para el Proyecto de Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "El Salitre", y según el requerimiento de su oficio No. AR-0303-97, hacemos entrega a usted de los siguientes documentos:

1. Componente Geosférico, E.I.A.
2. Componente Hídrico, E.I.A.
3. Estadísticas de los parámetros climáticos recopilados para el Área de influencia del proyecto, E.I.A.
4. Muestreo de evaluación de partículas en suspensión, en los sitios del proyecto. E.I.A.
5. Estudio de ordenamiento de corrientes y drenajes en las hoyas alta, baja y área de influencia del proyecto, E.I.A.
6. Concepto de estabilidad de los jarillones actuales, realizado por Gómez Cajiao y Cia., interventores del proyecto Santafé I, de la E.A.A.B.
7. Plano Urbanístico/Topográfico, en escala 1:7500, del proyecto.

Cualquier información adicional, favor no dude en consultármela.

Cordialmente,


RUTH ANGÉLICA CAMPUZANO
Asistente Técnico

Anexo: lo enunciado

85

PARTE UNO

1. COMPONENTE GEOSFÉRICO

1.1. FISIOGRAFÍA

1.2. GEOLOGÍA

1.2.1. Ubicación General y Evolución Geológica del Area

1.2.2. Litoestratigrafía

1.2.2.1. Unidades Cretácicas

1.2.2.2. Unidades Terciarias

1.2.2.3. Unidades Cuaternarias

1.2.3. Geología del Proyecto

1.2.4. Geología Estructural

1.3. GEOMORFOLOGÍA

1.3.1. Geomorfología de la Sabana de Bogotá

1.3.2. Geomorfología de la Hoya Baja

1.4. SISMOLOGÍA

1.4.1. Clasificación Sísmica de la Sabana de Bogotá

1.4.2. Caracterización Sísmica del Area de Estudio

1.4.3. Sismología de la Hoya Baja

1.5. GEOTECNIA

1.5.1. Geotecnia de la Sabana de Bogotá

1.5.2. Geotecnia de la Hoya Baja

1.6. GEOLOGÍA ECONÓMICA

1.7. SUELOS

1.7.1 Suelos de la Sabana de Bogotá

1.7.2 Suelos de la Hoya Baja del Río Bogotá

1.7.2.1 Caracterización del Suelo

1.7.2.2 Evolución Aptitud de Tierras

1.8. USO DE LA TIERRA

1.8.1. Hoya Alta

1.8.2. Hoya Baja

1.8.3. Uso de Tierras en la Zona de Influencia Directa

1. COMPONENTE GEOSFERICO

1.1. FISIOGRAFIA

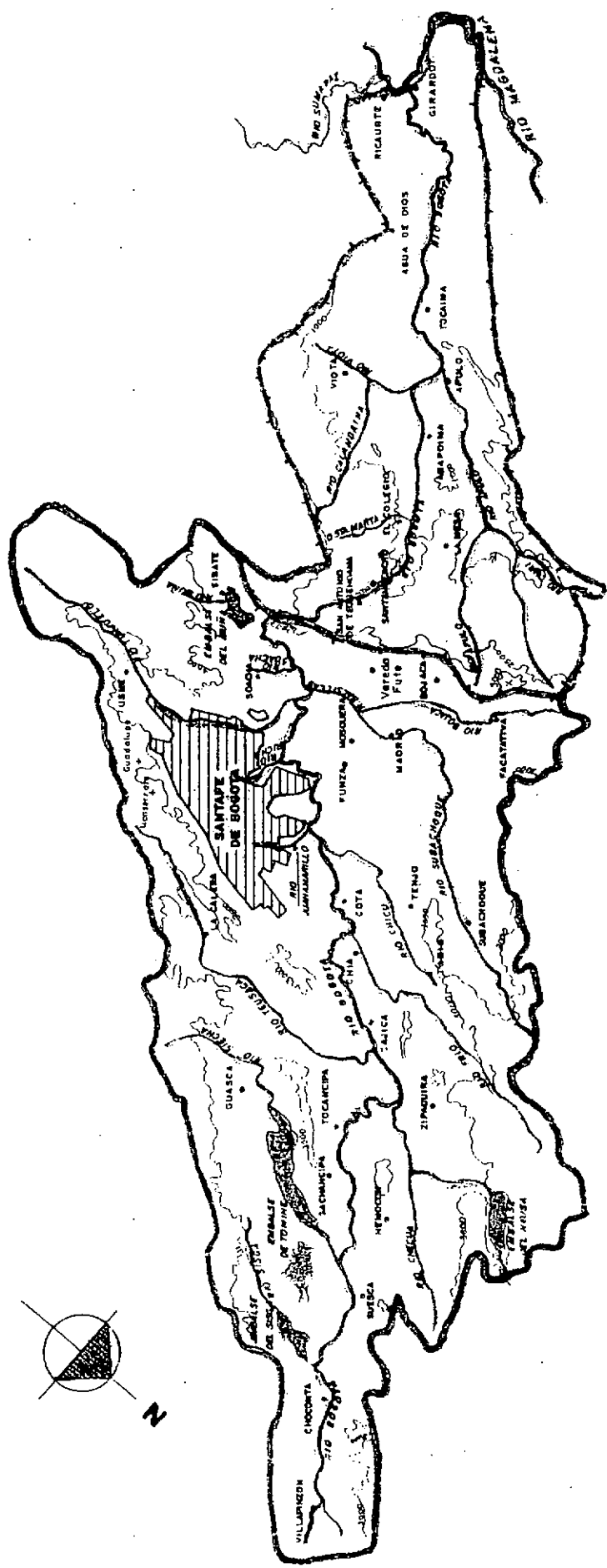
El área del proyecto está situada en el extremo sur de la hoya alta de drenaje del río Bogotá.

Este río nace a unos 3.400 msnm, en el páramo de Gachaneque, municipio de Villapinzón, al nororiente de Cundinamarca, y después de recorrer cerca de 370 km en dirección suroeste, desemboca en el río Magdalena, a una altitud de 280 m, en el municipio de Girardot. En este recorrido drena una superficie de 599.561 ha, siendo sus principales tributarios los ríos San Francisco o Sisga, Siecha, Río Frío, Teusacá, Chicú, Juan Amarillo, Fucha, Tunjuelo, Balsillas, Soacha y Muña, en la cuenca alta; y Calandaima, Viotá, Apulo y la quebrada Santa Marta en la cuenca baja (**Figura No. 1.1**).

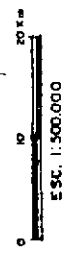
El territorio presenta una configuración muy variada. La cuenca alta se caracteriza por la presencia de una extensa llanura, situada a 2.600 msnm y conformada por sedimentos fluviolacustres conocida como "Sabana de Bogotá", rodeada por relieves mas o menos abruptos, constituidos por areniscas, lutitas y plaeners de edades cretácea a terciaria, que sobrepasan los 3.500 m de altitud hacia el oriente, los 3.900 m hacia el sur y los 3.700 m hacia el occidente. La cuenca baja, aguas abajo del Salto de Tequendama, ofrece en cambio una configuración con base en vertientes inclinadas mas o menos largas, dominadas por rocas arcillosas y por depósitos coluviales activos, con presencia de algunas planicies, como las terrazas de La Mesa y Anapoima. La cuenca baja remata en un valle aluvial alargado y plano, el cual se extiende principalmente entre Tocaima y Girardot.

La distribución de las grandes unidades de áreas en la cuenca del río Bogotá se muestra en el **Cuadro No. 1.1**.

000004



- Centros Urbanos
- ~~~~~ Ríos
- Límite cauce beta Río Bogotá
- Límite cauce alto Río Bogotá



	ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.	CONSORCIO INVIAMART ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS S. JUANES	F I S I O G R A F I A I . I .
	DEPARTAMENTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE	DAMA	

CUADRO No. 1.1 - Distribución Fisiográfica

Unidades	Superficie (Ha)	%
1. Cuenca alta	430.466	71,8
1.1. Tierras montañosas	276.126	46,1
1.2. Tierras planas (Sabana)	154.340	25,7
2. Cuenca media y baja	169.095	28,2
2.1. Tierras montañosas	148.795	24,8
2.2. Tierras planas (valles)	20.300	3,4
Total	599.561	100,0

Geográficamente, la hoya alta está ubicada en la parte central del Departamento de Cundinamarca, aproximadamente en la latitud 5°N y longitud 74°W. La hoya alta comprende 430.466 ha (71% de la cuenca del río Bogotá), y en su mayor parte está rodeada por una serie de picos montañosos que en algunos puntos alcanzan alturas aproximadas de 4.000 msnm.

La hoya alta se extiende en dirección norte - sur desde el nacimiento del río Bogotá cerca a Villapinzón hasta Alicachín - El Charquito - El Salto, en una longitud de 125 km aproximadamente. En la dirección este - oeste se extiende por 55 km.

Una tercera parte de la hoya alta de drenaje es relativamente plana y está situada a una elevación que varía entre 2.700 msnm y 2.550 msnm en el extremo sur. El río Bogotá fluye del nororiente al suroccidente por el centro de la Sabana con una pendiente muy baja que varía entre 0 y 3 por mil.

El área principal del proyecto está ubicada en la confluencia del río Juan Amarillo con el río Bogotá. En este sitio se ubicará la planta de tratamiento de aguas negras de El Salitre. En el futuro se construirán las plantas de tratamiento del Fucha y del Tunjuelo, en los puntos de confluencia de los ríos Fucha y Tunjuelo con el río Bogotá.

También forma parte del área principal del proyecto, la zona de disposición de los lodos generados en la planta de El Salitre. Esta zona está ubicada en el municipio de Mosquera. Su localización es en la vereda del Fute, en una zona de baja precipitación y clima desértico, que se considera por tales motivos, muy apropiada para disposición de lodos. En el futuro se requerirán sitios adicionales para este propósito, que en principio se han ubicado en los municipios de Bojacá y Soacha.

Adicionalmente, forman parte del área principal del proyecto las vías que unen las plantas de tratamiento con el sitio de disposición de lodos, compuesta por la Autopista Medellín desde el puente sobre el río Bogotá hasta el round point de Siberia, y desde allí hasta la zona de disposición de lodos pasando por Funza y Mosquera. En el futuro, se incorporarán a esta área las rutas de conexión de las plantas de Fucha y Tunjuelo con los respectivos sitios de disposición de lodos.

En la vecindad de la planta de El Salitre está ubicado los humedales de Juan Amarillo y el del Jaboque y La Florida, así como un gran número de barrios de clases media y baja. Los sitios de las plantas de Fucha y Tunjuelo en cambio, están en sitios poco poblados.

En la hoya baja del río Bogotá, existe un número importante de poblaciones ribereñas, tales como El Colegio, El Triunfo, Anapoima, Apulo, Nilo, Agua de Dios y Tocaima. La ciudad de Girardot está localizada en la confluencia de los ríos Bogotá y Magdalena. En el tramo de 28 km comprendido entre Alicachín y El Colegio, el río cae aproximadamente 1.840 m, y a continuación corre en forma encañonada hasta las cercanías de Tocaima, cayendo más de 400 m adicionales en este tramo. Entre Tocaima y Girardot, el río está rodeado de tierras agrícolas.

- Sabana de Bogotá

La Sabana de Bogotá forma parte de una alta planicie de la cordillera Oriental de los Andes Colombianos. Este conjunto de montañas tiene una longitud de 1.200 km y una altura promedio sobre el nivel del mar de 3.000 m. Inmediatamente al oriente de Bogotá se encuentran los cerros de Guadalupe (3.117 m), Monserrate (3.100 m), Choachí y Cruz Verde.

La secuencia de planicies, de la cual hace parte la Sabana de Bogotá, se extiende hacia el norte hasta la población de Duitama en el Departamento de Boyacá. La Sabana tiene un área de 7.277 km², de los cuales un área de 1.932 km² corresponde a zonas planas, forma parte del geosinclinal andino y fue antiguamente cubierta por un lago hasta bien entrada la era Terciaria (**Cuadro No. 1.2 - Tiempos Geológicos**).

TIEMPOS GEOLOGICOS

CUADRO No. 1.2

CENOZOICO		PERIODO	EPOCA
EDAD (Ma)*	PERIODO	PERIODO	EPOCA
5	CUATERNARIO	HOLOCENO	Plioceno
10			
15	NEOGENO	MIOCENO	Mioceno
20			
25			
30			
35	TERCIARIO	OLIGOCENO	Oligoceno
40			
45			
50			
55			
60	PALEOGENO	EOCENO	Eoceno
65			
	PALEOZOICO	PERIODO	EPOCA

MESOZOICO		PERIODO	EPOCA
EDAD (Ma)*	PERIODO	PERIODO	EPOCA
70	CRETACICO	CRETACICO	Superior
80			
90			
100	JURASICO	JURASICO	Inferior
110			
120			
130			
140	TRIASICO	TRIASICO	Neocomense
150			Superior
160	TRIASICO	TRIASICO	Medio
170			Inferior
180			Superior
190	TRIASICO	TRIASICO	Medio
200			Inferior
210	TRIASICO	TRIASICO	Superior
220			Medio
230	TRIASICO	TRIASICO	Inferior
240			Superior

PALEOZOICO		PERIODO	EPOCA
EDAD (Ma)*	PERIODO	PERIODO	EPOCA
260	PERMICO	PERMICO	Superior
280			Inferior
300	CARBONIFERO	CARBONIFERO	Superior
320			Inferior
340	DEVONICO	DEVONICO	Superior
360			Medio
380	DEVONICO	DEVONICO	Inferior
400			Superior
420	SILURICO	SILURICO	Superior
440			Inferior
460	ORDOVICICO	ORDOVICICO	Superior
480			Medio
500	ORDOVICICO	ORDOVICICO	Inferior
520			Superior
540	CAMBRICO	CAMBRICO	Medio
560			Inferior

PRECAMBRICO		PERIODO	EPOCA
EDAD (Ma)*	PERIODO	PERIODO	EPOCA
750	ARCAICO	ARCAICO	Superior
1000			Medio
1250	ARCAICO	ARCAICO	Inferior
1500			Superior
1750	ARCAICO	ARCAICO	Medio
2000			Inferior
2250	ARCAICO	ARCAICO	Superior
2500			Medio
2750	ARCAICO	ARCAICO	Inferior
3000			Superior
3250	ARCAICO	ARCAICO	Medio
3500			Inferior
3750	ARCAICO	ARCAICO	Superior
			Medio
	ARCAICO	ARCAICO	Inferior
			Superior

* Ma = Millones de Años

Al final del Cretáceo se iniciaron movimientos orogénicos que culminaron con la formación de la Cordillera Oriental durante el Oligoceno. Al comienzo del Plioceno, la Sabana era un valle sinclinal, pero la erosión de los ríos no se desarrolló al mismo ritmo de la formación de las cordilleras. El caudal de los ríos fue obstruido y se presentó la consiguiente aparición de lagos. Se estima que los sedimentos acumulados en estos lagos durante el pleistoceno y los depósitos acumulados en la Sabana tienen una profundidad aproximada de 200 a 400 m.

Debido a las características de la formación geológica de la planicie, la Sabana es rica en minerales arcillosos, materiales de construcción, sal, cal, yeso, hierro, carbón y gas metano.

La formación de los suelos de la Sabana se ha visto influenciada por factores geológicos y de otra naturaleza, entre los cuales sobresalen los siguientes:

- ◇ La acumulación de sedimentos de lagos
- ◇ Cenizas volcánicas derivadas de la Cordillera Central
- ◇ Desecamiento gradual de lagos
- ◇ Cambios climáticos por períodos glaciales
- ◇ Actividades de organismos vivos
- ◇ La influencia del hombre

• Hoya Baja del Río Bogotá

La hoya baja del río Bogotá se inicia en el borde inferior, al sur de la Sabana de Bogotá a partir de la divisoria de aguas, en el Salto de Tequendama, creada por la barrera de montañas que de oriente a occidente de la Sabana delimitan sus linderos con la hoya baja.

La totalidad de la hoya baja está comprendida dentro de la jurisdicción política del Departamento de Cundinamarca y dentro de la jurisdicción de manejo ambiental de la CAR.

La hoya baja comprende un área total de 1.690 km², subdividida en cuatro cuencas correspondientes a las áreas de drenaje de los ríos Apulo y Calandaima y de los sectores Tequendama - Apulo y Bajo Bogotá.

Dieciocho municipios tienen asiento en la hoya baja. De estos, 11 municipios limitan directamente con el río Bogotá: Soacha, Granada, Tena, San Antonio, El Colegio, La Mesa, Anapoima, Apulo, Tocaima, Agua de Dios, Ricaurte y Girardot.

En su recorrido desde Alicachín y el Embalse del Muña hasta Girardot, el río recorre 200 km atravesando tres sectores de naturaleza fisicobiótica y de uso del río bien diferenciadas entre sí, a saber: Sector del Tequendama, Sector Apulo y Sector del Bajo Bogotá.

El sector del Tequendama se caracteriza por su condición montañosa de altas pendientes y clima frío (Alicachín - El Salto) a templado (El Salto - El Colegio). El principal uso del río es la generación eléctrica mediante la desviación de las aguas en Alicachín y el Embalse del Muña, a través de dos cadenas hidroeléctricas que entregan sus aguas al río solo en cortos tramos a lo largo del sector, descargándolas finalmente a la salida de la Hidroeléctrica de la Guaca. Estas obras fueron construidas y son operadas por la Empresa de Energía de Bogotá, (EEB).

El sector de Apulo presenta condiciones climáticas propicias para la autopurificación parcial del río, presentándose un uso restringido del mismo en razón de su mala calidad y su encañonamiento a lo largo de la zona hasta Puente Portillo, entre las poblaciones de Apulo y Tocaima. En este sector el río Bogotá recibe los aportes de los ríos Apulo y Calandaima y de varias quebradas entre los cuales sobresale la quebrada Santa Marta.

El sector bajo del río Bogotá está comprendido por un extenso valle de clima cálido localizado a alturas entre 500 y 300 msnm que alberga las poblaciones de Tocaima, Agua de Dios, Nilo, Ricaurte y Girardot. La zona presenta un alto déficit de agua. Existe un limitado distrito de riego que, de ser ampliado, podrá cubrir la casi totalidad del sector.

1.2. GEOLOGIA

1.2.1. Ubicación General y Evolución Geológica del Area

El área del proyecto involucra las hoyas alta y baja del río Bogotá, localizadas en la parte media de la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos.

El territorio andino colombiano ocupa la esquina noroccidental de Suramérica y hace parte del cinturón de fuego del Pacífico, por lo que se caracteriza por

poseer una cadena de montañas que se levanta en el borde de la costa, de importante actividad sísmica y volcánica.

Este territorio, en el que habita el 78% de la población colombiana, está formado por una especie de mosaico de terrenos geológicos procedentes de lugares diferentes de los que hoy ocupan (alóctonos) de diversa composición litoestratigráfica, limitados por fallas de dirección preferencial norte con tendencia al este, y con edades que van desde el límite Precámbrico Superior - Paleozoico Inferior hasta el Cenozoico Superior. (**Cuadros Nos. 1.2 y 1.3**).

Estos terrenos se han formado al occidente de la placa Suramericana y posteriormente se han adherido en diferentes períodos al borde occidental del bloque autóctono conformado por el Escudo Guayanés, por lo que sus edades disminuyen progresivamente al occidente.

Por lo anterior, de la totalidad del territorio colombiano, la única porción que se ha formado geológicamente en su sitio es la correspondiente a los Llanos Orientales y la Amazonía, pues todos los terrenos al occidente del piedemonte llanero, hoy conforman el bloque andino debido a choques sucesivos ocurridos en diferentes períodos de la evolución geológica del planeta.

La Cordillera Oriental está compuesta por un basamento de origen metamórfico, que se adhirió al Escudo Guayanés hacia finales del Precámbrico (hace unos 600 millones de años). Desde principios del Cretáceo (hace unos 130 millones de años) y hasta finales del Terciario (hace unos 5 millones de años), una fuerte sedimentación marina tuvo lugar en el borde occidental de la placa Suramericana, haciendo que el Escudo Guayanés y el terreno adherido a finales del Precámbrico, formasen un bloque solidario con un extenso y potente supraterraneo sedimentario de origen detrítico. Dicho de otro modo, la Cordillera Oriental es un bloque que tiene dos basamentos distintos, los cuales comparten el terreno sedimentario que los cubre.

Los restantes terrenos que conforman el área andina de nuestro país, se fueron adheriendo con posterioridad, hasta que, a mediados del Terciario (hace unos 5 a 6 millones de años), se presentó el choque o acreción del terreno correspondiente a la Serranía del Baudó, que ocasionó un acortamiento del territorio andino nacional, y que produjo el actual levantamiento de nuestras tres cordilleras con un marcado plegamiento y fallamiento de las formaciones del bloque sedimentario oriental.

La hoya alta del río Bogotá, o Sabana de Bogotá es la primera y más extensa de una serie de planicies altas de origen lacustre localizadas en la región media de la Cordillera Oriental. El geosinclinal del Oriente Andino, donde estas planicies están localizadas, estuvo cubierto por el mar hasta bien entrado el período Terciario. Al final del cretáceo se iniciaron movimientos orogénicos que culminaron con la formación de la Cordillera Oriental durante el Oligoceno. Al comienzo del Plioceno, la Sabana de Bogotá era un valle sinclinal compuesto, ancho, profundo y rodeado por montañas. Durante el Plioceno, la erosión de los ríos no pudo ser simultánea con la formación de las cordilleras. El flujo de los ríos fue obstruido con el resultado de formación de lagos que se extienden sobre los valles laterales. Durante el Pleistoceno se acumularon depósitos en la parte meridional y central de la Sabana y penetraron en las depresiones sinclinales hacia el norte. El espesor de los depósitos en la Sabana se estima entre 200 y 400 m, con un volumen calculado de 500 km³, como resultado de la acumulación de sedimentos durante y desde el Plioceno. La **Figura No. 1.2** presenta el mapa geológico e hidrológico del área de influencia del proyecto en la hoya alta.

Dentro de la hoya baja del río Bogotá, se distinguen dos subzonas a saber:

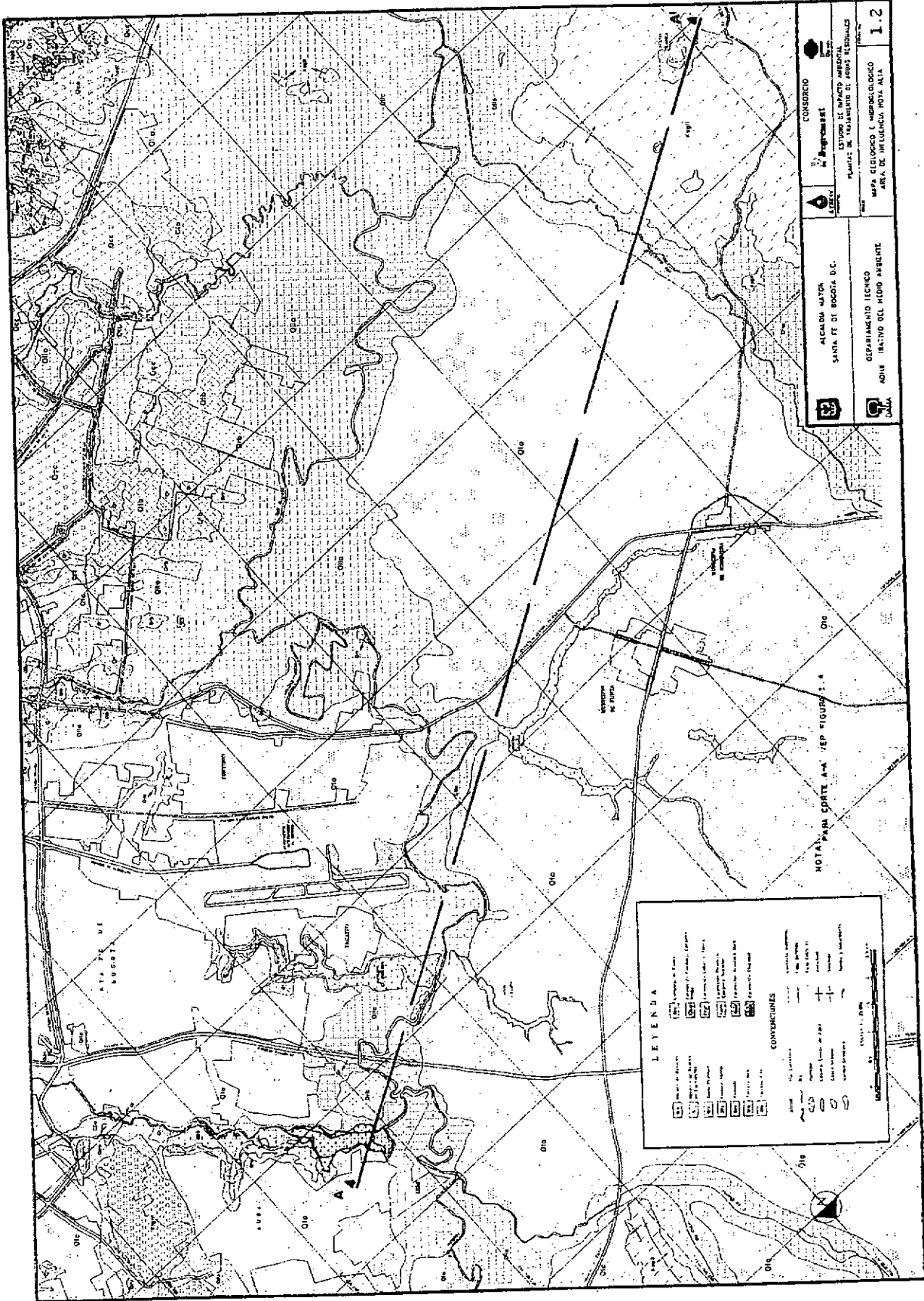
- ⇒ La hoya media baja o región del Tequendama, se desarrolla hacia el suroccidente en la parte alta de la vertiente occidental de la cordillera oriental y comprende desde el Salto de Tequendama hasta el Boquerón de Portillo en el municipio de Tocaima; geográficamente cubre los municipios de Anolaima, Anapoima, El Colegio, La Mesa y parcialmente Quipile; es una zona quebrada donde el río se torna torrentoso e involucra unidades litológicas cretácicas y cuaternarias.
- ⇒ La hoya baja, la cual abarca desde el Boquerón de Portillo, hasta la desembocadura del río Magdalena en Girardot; geomorfológicamente incluye terrenos de baja pendiente pertenecientes al Cretáceo, Terciario y Cuaternario; geográficamente comprende los municipios de Agua de Dios, Girardot, Tocaima y parcialmente Nilo.

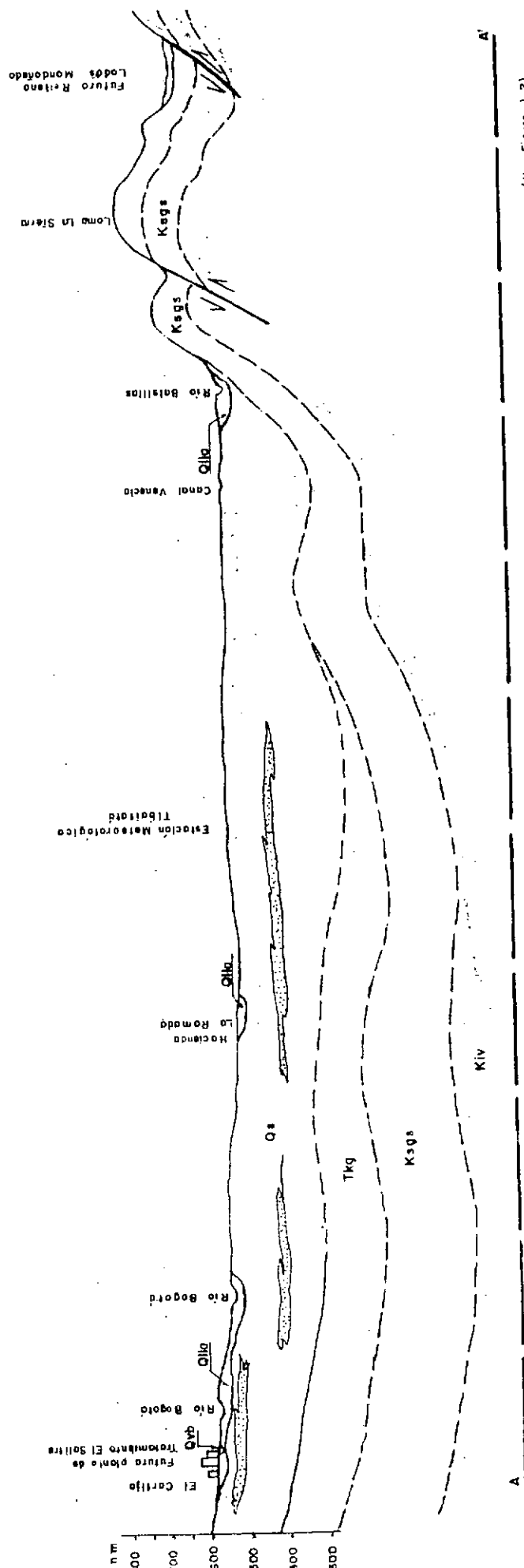
Orográficamente la cuenca baja del río Bogotá está limitada al suroriente por la Cuchilla de Subia, compuesta por areniscas cretáceas del Grupo Guadalupe; al nororiente por las Cuchillas de Guacharacal y de Volador, compuestas de litologías cretáceas del Grupo Villeta y Olini respectivamente; al occidente por la Cuchilla Alfonso Vera con litología del Grupo Olini; y al suroccidente el río Magdalena, subcuenca de Girardot, perteneciente al valle superior del río Magdalena, compuesta de material aluvial principalmente. La **Figura No. 1.3**

presenta el mapa geológico e hidrogeológico del área de influencia del proyecto en la hoya baja.


1.2.2. Litoestratigrafía

En el área de estudio se encuentran unidades Litológicas de edades Cretácea, Terciaria y Cuaternaria, cuya distribución geográfica se muestra en la Figuras Nos. 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 y 1.6 y cuyas características se describen a continuación.



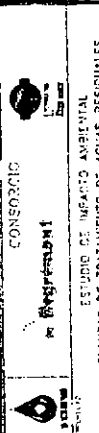


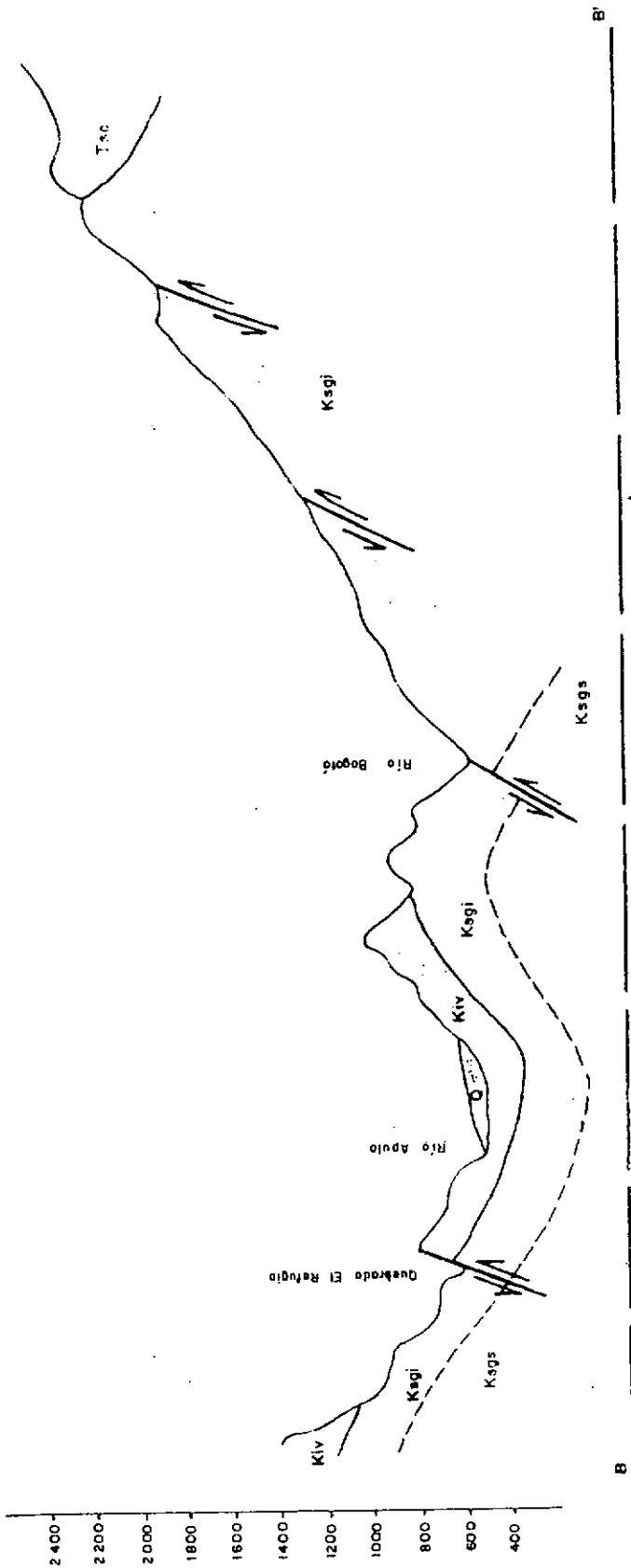
(Ver Figure 1.2)

-  FALLA NORMAL
- Ksgs FORMACION ARGENISCA TIERNA Y LABOR
- Tk9 FORMACION GUADUAS
- Qs FORMACION SABANA
- Kiv GRUPO YILLETA

ESC. HORIZONTAL 1:25.000

000000

	<p>ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.</p>
<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</p>	<p>D EPARTAMENTO TECNICO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE</p>
<p>CORTE LITOSTRATIGRAFICO AA' DE LA SABANA DE BOGOTA</p>	
<p>1.4</p>	



ESCALA HORIZONTAL 1:100.000

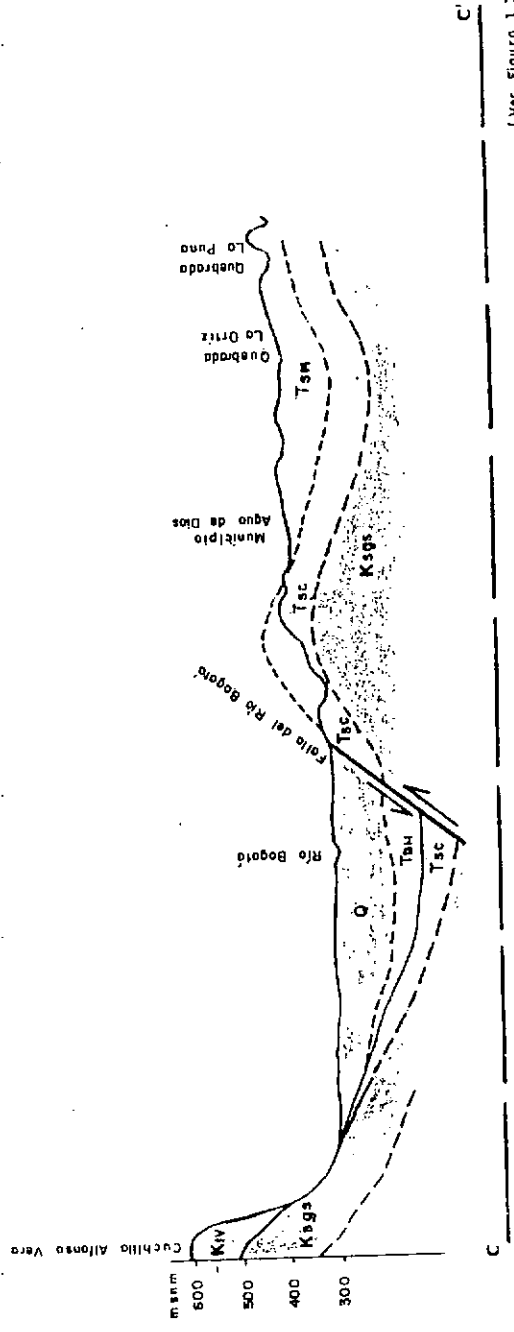
(Ver Figure 1.3)

- Q DEPOSITOS CUATERNARIOS
- Ksgs GRUPO GUADALUPE SUPERIOR
- Ksgj GRUPO GUADALUPE MEDIO Y SUPERIOR
- Kiv GRUPO VILLETA
- Tsc FORMACION CIRIA

000011

	ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.		CONSORCIO "Hoyas del Río"
	SECCION DE IMPACTO AMBIENTAL PLANES DE MANEJO DE AREAS PROTEGIDAS		CONSORCIO "Hoyas del Río"
	REPARTAMENTO TECNICO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE		CONSORCIO "Hoyas del Río"
	CORTE LITOLÓGICO B-B'		HOYA BAJA DEL RIO BOGOTÁ
			1.5

000012



- Q DEPOSITOS CUATERNARIOS ALUVIONES RECIENTES
- TSM FORMACION HONDA (TSM)
- Tsc FORMACION CIRO (TSC)
- Kiv GRUPO VILLETA
- Kgs GRUPO GUADALUPE SUPERIOR

CONSORCIO

ALCALDIA MAYOR
SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

DEPARTAMENTO TÉCNICO
ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE

CONSORCIO

INSTRUMENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AMBIENTAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE BOGOTÁ

CORTE LITOLÓGICO C-C'

HOYA BAJA DEL RIO BOGOTÁ

1.6

1-13

1.2.2.1. Unidades Cretácicas

- Grupo Villeta (k₃) (Barreniano - Cenomaniano)

Compuesto por lutitas predominantes con algunas intercalaciones de areniscas (Villeta inferior), bancos de areniscas en la parte superior; después lutitas con impregnaciones piritosas y frecuentes intercalaciones calcáreas (Villeta Medio) y lutitas negras (Villeta superior).

Pertencientes a este grupo se presentan las siguientes formaciones en la región:

- ◊ **Formación Trincheras:** Contiene alternancias de bancos de caliza y shales negras (Barreniano - Aptiano).
- ◊ **Formación Socotá:** Presenta los miembros: a) Socotá compuesto por areniscas calcáreas (tuobiditas) y pertenece al Aptiano Superior; b) el miembro medio contiene shales grises, marrones en la superficie (Albiano inferior) y; c) el miembro superior llamado Capotes con una alternancia de lutitas, margas y concreciones fosilíferas (Albiano Medio). Estas unidades son nuevas y los tres miembros pasan lateralmente a shales (**Fotografía No. 1**).

Los horizontes de esferitas según Hubach citado por Cáceres y Etayo¹, también pertenecen a la formación Socotá y las forman shales grises en el Albiano Medio.

- ◊ **Formación La Frontera:** Shales calcáreas con concreciones amonitíferas, nivel de limolitas silíceas en su parte inferior. Es una nueva unidad que pertenece al Turoniano Inferior.

- Grupo Guadalupe (k)

Este grupo se caracteriza por la predominancia de areniscas cuarcíticas con grano variable de tamaño medio a grueso. Se presenta en el borde occidental de la Sabana; está constituido por niveles duros y plegados, comprendiendo también

¹ CACERES Girón, C., ETAYO Serna F. Bosquejo Geológico de la Región del Tequendama. Primer Congreso Colombiano de Geología. Universidad nacional. Bogotá. 1969.

"Plaeners" subyacentes a mantos de areniscas, dando origen a una pendiente abrupta que se puede seguir sin interrupción desde San Antonio de Tena a Pacho.

FOTOGRAFIA No. 1



Afloramiento de la Formación Socotá, miembro superior. Capas casi verticales, de shales grises intercaladas con caliza arcillosa, ubicada en la vía que conduce de Mesitas del Colegio a La Mesa

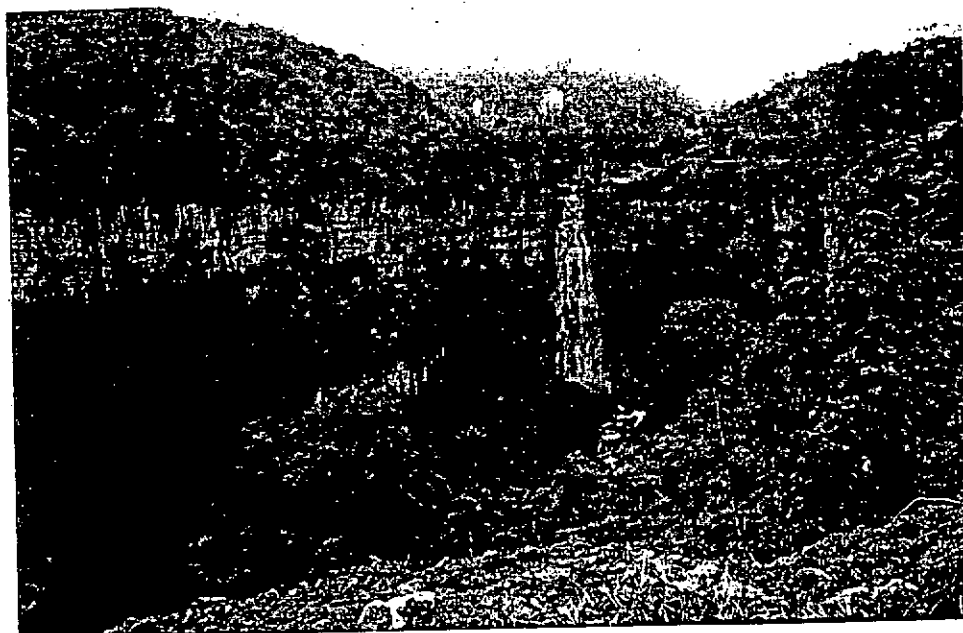
Está conformado por las siguientes unidades litoestratigráficas:

- ◊ **Formación Arenisca Dura (k_1):** Es la parte basal del grupo, constituida principalmente por gruesos bancos de arenisca, compacta y homogénea de grano fino, color blanco a grisáceo, con alguna intercalación de limolita, lodolita, liditas y arcillolitas, presentando laminación paralela ondulosa y lenticular; es característico el fracturamiento en romboedros de las liditas y limolitas silíceas. Las areniscas composicionalmente son ortocuarcitas con micas y glauconida (**Fotografía No. 2**).

Hubach², Bürgl, Cambell, Etayo Serna, entre otros, la consideran de edad Campaniano.

Se presenta en el extremo nororiente de la cuenca, desde la laguna de Pedro Palo hasta la cordillera de las Pilitas.

FOTOGRAFIA No. 2



Salto de Tequendama. Topografía escarpada, típica de las areniscas del Grupo Guadalupe

- ◇ **Formación Plaeners (k_1 y k_2):** De edad Maestrichtiano Inferior, reposa concordantemente sobre la Formación Arenisca Dura, y está formada por limolitas, liditas y arcillolitas silíceas interestratificada en capas, presentando laminación paralela en algunos sectores; son de colores claros, aunque es frecuente la ocurrencia de arcillolitas carbonosas. Hacia la parte inferior se presentan areniscas de grano fino en bancos. Esta unidad se caracteriza porque es común la fractura concoidea y la partición en prismas o romboedros, y tienen un espesor de 75 m en su sección tipo al occidente de Bogotá.

² HUBACH, E. Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y Alrededores. Boletín Geológico. Vol. 5 No. 2. Bogotá. 1957.

◇ **Formación Arenisca de Labor (k_2):** De edad Maestrichtiano Inferior, se presenta en contacto concordante sobre la Formación Plaeners, y está constituida por areniscas arcillosas de grano fino a grueso, con presencia de gravas en la parte superior, de colores claros; de presenta en bancos con intercalación de lodolitas y arcillolitas; su espesor es de 180 m y aflora en el extremo noroccidental de la cuenca.

◇ **Formación Arenisca Tierna (k_2):** De edad Maestrichtiano, morfológicamente se diferencia de las otras formaciones del grupo Guadalupe por tomar expresiones topográficas de cerros bajos.

Reposa en contacto concordante sobre la Formación Arenisca de Labor. Son potentes bancos de areniscas arcillosas de grano grueso predominantemente; color blanco, amarillas y rojizas; presentan estratificación cruzada, ondulada y lenticular; en la parte inferior está intercalada con capas de lodolitas y arcillolitas.

Su espesor oscila entre 50 y 70 m, y su edad aproximada es Campaniano - Maestrichtiano, deducida de los foraminíferos que se encuentran en el occidente del Salto de Tequendama.

Esta formación tiene singular importancia, ya que además de ser la única guía estratigráfica de la Cordillera Oriental, es la Formación Litológica sobre las que se encuentran las áreas del proyecto en estudio.

• Grupo Olini

Comprende desde la base hasta el techo las siguientes unidades:

◇ **Formación Lidita Inferior:** Nivel de lutitas y areniscas y formación lidita superior. Según la geología de la región situada entre Girardot y Guataquí, en conjunto predominan los sedimentos silíceos presentándose límites muy nítidos entre las unidades.

◇ **Nivel de Lutitas y Areniscas:** Constituido por lutitas grisáceas o shales grises, entre los que se intercalan algunas capas de arena.

- ◊ **Formación Lidita Superior:** En líneas generales está compuesto por cherts y lalitas; son bancos más gruesos con relación a la lidita inferior. Su espesor es de 300 m.

1.2.2.2. Unidades Terciarias

Los sedimentos terciarios que afloran en la región del Tequendama, están representados por el Terciario Inferior, hacia la zona occidental de la cordillera Oriental.

- Formación Guaduas (T_{s1} ó T_g)

Se define con este nombre un conjunto de rocas sedimentarias de edad Terciaria Inferior, con un espesor que varía entre 479 m y 987 m, que cubren o suprayacen el Grupo Guadalupe con una leve pero notoria discordancia.

Es la formación carbonífera de la Sabana y está constituida por un conjunto inferior de lodolitas grises con algunas capas de carbón interestratificadas, el cual hacia la parte superior presenta un conjunto de arenitas. Este conjunto inferior está suprayacido por un nivel formado predominantemente por cuarzoarenitas, denominado Arenisca Guía.

La parte intermedia es un conjunto de arcillolitas con capas de carbón y algunas pequeñas intercalaciones de areniscas. Este conjunto está suprayacido por un nivel de cuarzoarenitas con nódulos limoníticos denominado Arenisca Lajosa.

La parte superior es un conjunto de arcillolitas de color gris, las cuales por meteorización adquieren tonos rojizos.

El espesor promedio de la formación es de unos 700 m.

La variabilidad de las facies de la Formación Guaduas es enorme, y se reconoce claramente por la variación de los mantos de carbón. Se tiene que de un número de 21 mantos que hay en el Rabanal, al Norte de Lenguazaque, se van reduciendo hasta 5 a 8 m explotables en el Norte y Noroeste de la Sabana de Bogotá; luego pasan a uno en la parte sur, el cual se extingue finalmente hacia el Alto del Tunjuelo. En esa dirección sur, la parte inferior e incluso la media tienden a extinguirse también, quedando como predominante el conjunto rojo superior. Igual pasa en zonas como la del Cerro de Suba o Colina Campestre.

Esta formación aparece levemente en algunos costados del área de influencia del proyecto, pero como tal, no hace parte de la litoestratigrafía sobre la que se construirán las obras.

Al occidente de la zona del Charquito - quebrada El Rodeo, hay una región amplia ocupada por el Guaduas inferior (Maestrichtiense), en la cual existen minas de carbón. Aquí el Guaduas es prácticamente horizontal. Por la tectónica que presenta da la apariencia de ser una dovela hundida dentro de un área del Guadalupe.

Se puede considerar a la Formación Guaduas como el límite Cretácico - Terciario, de acuerdo con los estudios paleontológicos.

El piso Guaduas ocupa considerables áreas en las estribaciones sinclinales de la región Girardot - Tocaima y en la faja regada por el río Seco (sinclinal Jerusalén - Guaduas). Esta formación es un complejo de arcillas rojas y areniscas de grano grueso.

- Formación Gualanday

En la región del sinclinal de Jerusalén - Guaduas se presenta compuesta por una sucesión de areniscas, arcillosas y conglomerados. Hubach citado por De Porta³, fue el primero en indicar que los sedimentos encontrados en esta zona eran análogos a los de la región tipo Gualanday - Chicoral.

- Formación Cira

Compuesta por shales de color oscuro a negro alternando con areniscas de grano medio. Se encuentra diseminada en la región de Girardot - Tocaima y en el sinclinal de Jerusalén - Guaduas, entre las formaciones Guaduas y Honda (**Fotografías Nos. 3 y 4**).

- Formación Honda (T₆)

Son los depósitos más recientes del terciario, constituida por areniscas de grano medio a grueso, conglomerados y cantos de andesita y estratificado con arcillolitas. Aflora sobre el Anticlinario Tocaima, Girardot y en Agua de Dios.

³ PORTA de J. Geología del Extremo Sur del Valle Medio del Magdalena entre Honda y Guatiquí. Boletín de Geología. Universidad Industrial de Santander Nos. 22 y 23. Bucaramanga. 1966.

1.2.2.3. Unidades Cuaternarias

- Cuaternario de la Sabana de Bogotá

La litología dominante está definida por la presencia de sedimentos detríticos de diferente origen y evolución de composición, correspondiendo a épocas diversas de sedimentación paleolacustres, fluvio-lacustres, fluvio-glaciales y fluvio-torrenciales, que durante el último período geológico del cuaternario y hasta fechas recientes afectaron el área.

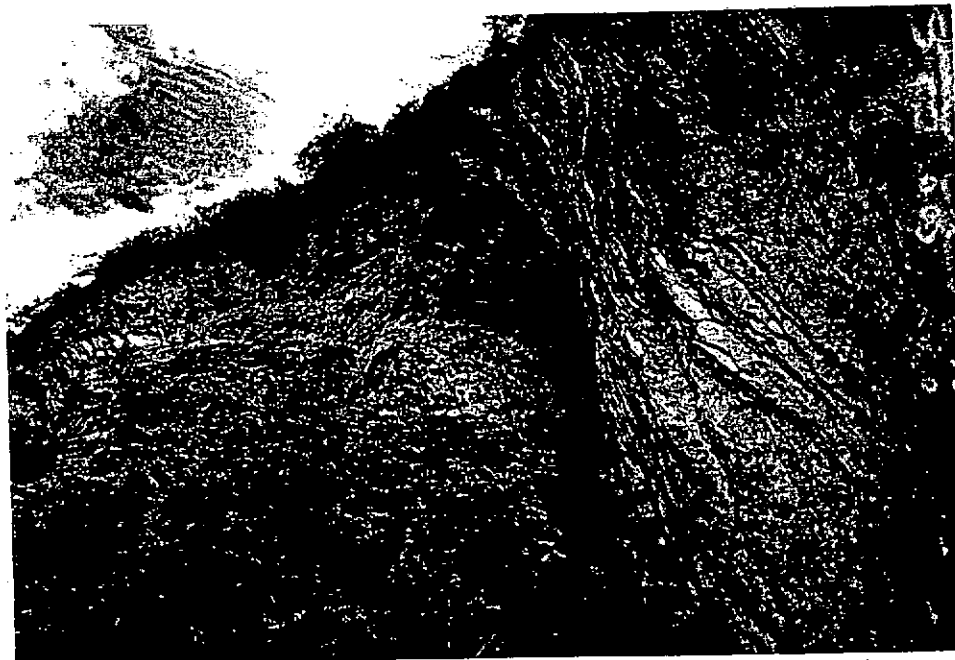
Según las variaciones litoestratigráficas hasta el momento encontradas, la sucesión de sedimentos se define en la siguiente forma (**Figura No. 1.4**):

- ◊ **Formación Tilatá:** Es una sedimentación del Plio - Pleistocénico, formada por arenas, cascajos, arcillas, ceniza volcánica y caolín, la cual parece haber sufrido plegamientos de alguna importancia y que presenta algunas fallas⁴. El Plio - Pleistocénico es una época que se ha relacionado con el inicio y desarrollo gradual de la cuenca sedimentaria mas grande, con un espesor de sedimentos mayor de 150 m.

Esta formación incluye el Complejo de Conos (Q_{ee}) integrado por el cono fluvio-glacial del Tunjuelo, el cono aluvial de Soacha, y los conos de derrubio y aluviales del piedemonte oriental de Bogotá; constituidos por materiales gruesos, gravas, guijos y bloques, con una secuencia de sedimentos finos.

Incluye también las Terrazas Altas (Q_{ta}), unidad constituida por predominantes arcillosos, con intercalaciones de niveles arenosos y de gravas. que constituyen acuíferos importantes.

⁴ VAN DER HAMMEN y GONZALEZ. Historia del Clima y la Vegetación del Pleistoceno Superior y del Holoceno de la Sabana de Bogotá. Boletín Geológico No. 11. INGEOMINAS. 1963.



Plegamiento de las capas de arenisca de la Formación Cira, en la vía de Girardot a Nariño, debido al intenso tectonismo del área

FOTOGRAFIA No. 4



Desplome o caída de material por acción de la gravedad en las capas de areniscas, debido a que el fracturamiento y diaclasamiento las hacen muy inestables. Formación Cira vía Girardot - Nariño

- ◊ **Formación Sabana:** Una sedimentación pleistocénica y holocénica que corresponde con la depositación de la formación de la Sabana; es la que constituye hoy día la parte plana de la Sabana. Estos depósitos consisten principalmente en sedimentos lacustres de laguna y arcillas lacustres de un espesor que varía entre 200 y 400 m. A distintas profundidades y hacia los bordes de la cuenca sedimentaria hay aumento de arcillas orgánicas y arenosas, demostrando que la laguna durante ciertos intervalos se convirtió parcialmente en pantano.

La Formación Sabana se depositó durante el período Cuaternario, en la parte plana de la Sabana de Bogotá, y ocupa la posición más reciente dentro de los depósitos lacustres. Está formada especialmente por sedimentos de la laguna, entremezclados con sedimentos fluviales, fluvio-glaciales, coluviales y de pantano, depositados durante el Pleistoceno. Los sedimentos fueron depositados al final del Würm (Pleniglacial II). Los 3,5 m finales de material sobre los sedimentos, se originaron de los abanicos aluviales o de los depósitos aluviales de las laderas. El flujo del río Bogotá ocasionó la disección del relleno lacustre y depositó aluviones finos en sus vegas durante las inundaciones en las estaciones húmedas. Los suelos de estas áreas se desarrollaron a partir de arcillas aluviales, y corresponden en gran parte a la clasificación de los suelos conocida como Serie río Bogotá.

Esta formación está compuesta principalmente por arcillas plásticas, grises alteradas, residuos orgánicos, diatomitas y arenas finas hasta medianas. Los cascajos, gravas y materiales transportados por los ríos son escasos y se hallan generalmente en el área cercana a la desembocadura del río Tunjuelo en el río Bogotá. En las hoyas alternan capas de gredas y de bloques de areniscas de tamaño grande hasta pequeño. Entre Alicachín y Charquito, la formación está representada por bloques angulosos de areniscas con matriz de lidita y gravas gredosas. La estratificación es irregular y asimétrica.

- ◊ **Terrazas Bajas (Q_{tb}):** Son depósitos originados por los ríos Bogotá, Tunjuelo, Juan Amarillo y Fucha principalmente. Su composición es limo arcillosa y sus contactos con las Terrazas Altas y Complejos de Conos son escarpados.

- ◇ **Llanuras Aluviales (Q_{1a}):** Son llanuras formadas por los ríos Bogotá y Tunjuelo, que han cortado y erosionado los depósitos más antiguos correspondientes al Complejo de Conos y a las Terrazas Altas y Bajas anteriormente mencionadas. Constituyen los primeros 2 a 3 m de espesor de depósitos sedimentarios en el área.

- ◇ **Depósitos Antrópicos (Q_{rb}):** Se agrupan en esta categoría una serie de depósitos no consolidados de edad Cuaternaria, que ocupan el tope de la columna estratigráfica de la Sabana y que se han formado de manera artificial por acción de la actividad humana.

En estos depósitos se encuentran rellenos de basura, depósitos de escombros, y llenos interestratificados de otros materiales naturales y artificiales.

Son de singular importancia para el proyecto, puesto que parte del terreno destinado a la construcción de la planta de tratamiento de aguas negras de El Salitre, tiene actualmente como formación geológica superficial un relleno de basuras.

Requieren especial atención geotécnica, ya que poseen pésima capacidad portante, alta compresividad y porosidad, y sufren cambios constantes en su composición física y química por su alto contenido de materia orgánica.

- Cuaternario de la Hoya Baja del Río Bogotá

Se pueden reconocer un pleistoceno inferior Q_2 , un pleistoceno superior Q_1 , y los depósitos hologénicos Q_0 , remanentes de un gran depósito de vertiente (planicie tendida del pleistoceno). Son las mesas altas o Q_2 las que corresponden al Cuaternario más antiguo, y se caracteriza por presentarse a una altitud de 600 m aproximadamente, sobre el cauce del río Bogotá. En el municipio de La Mesa, está compuesto por una rudita de grano grueso hasta bloques flotantes en una matriz areno arcillosa, los bloques son en general redondeados; yace en discordancia angular sobre el Cretácico Medio y Superior (**Fotografías Nos. 5 y 6**).

Los Q_1 , son niveles de terrazas inferiores en altitud a Q_2 , son producto de redepositación de Q_2 ; en la mayoría de los casos presenta cenizas volcánicas.

Los Depósitos Cuaternarios más modernos Q_o , son los valles actuales de los ríos, representan terrazas más bajas entre 3 y 5 m sobre el cauce del río. Están constituidas por gravas y arenas (provenientes de los grupos Olini y Guadalupe). Dentro de este tipo de Depósito Cuaternario están también los Depósitos de Abanico Q_{ab} , que son unidades de ambiente de régimen torrencial, localizados en los extremos finales de cauces de drenaje de montaña.

1.2.3. Geología del Proyecto

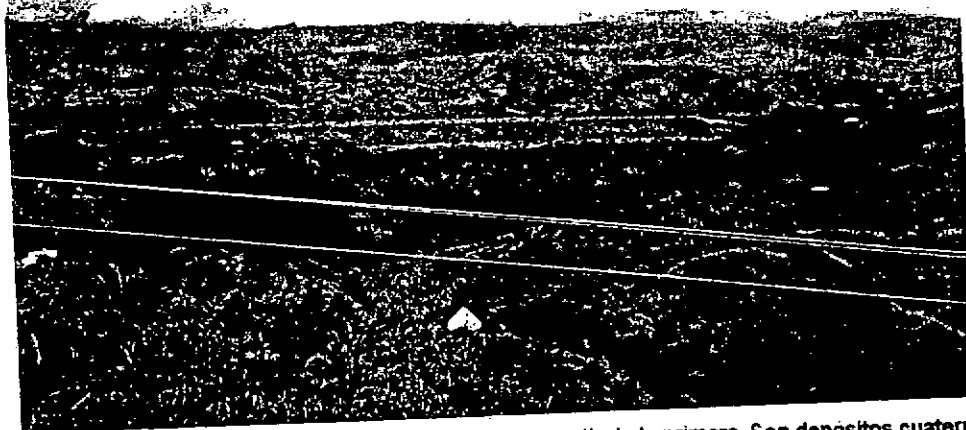
El área del proyecto correspondiente a las plantas de tratamiento de aguas negras se encuentra sobre el Grupo Guadalupe, y es de origen marino, y de edad Cretácea (Campaniano - Turoniano). Este conjunto de formaciones consta en la Sabana de Bogotá de dos paquetes estratigráficos típicos y bastante bien sostenidos: el conjunto superior compuesto de areniscas y plaeners, y el inferior, que es esquistoso - arcilloso, con intercalación de horizontes y bancos de areniscas cuarcíticas (**Figura No. 1.4**).

Los predios de las plantas de tratamiento de aguas negras se encuentran sobre el conjunto superior, específicamente en lo que se conoce como Formación Arenisca Tierna; sin embargo, en estos sitios esta formación está cubierta por depósitos no consolidados del Cuaternario denominado Formación Sabana. Los predios correspondientes a los sitios de disposición de lodos del proyecto, se encuentran sobre el límite entre el Grupo Guadalupe de edad Cretácea Superior y la Formación Guaduas de edad Terciaria Inferior.

Afloran en esta área del estudio, areniscas cuarzosas blancas de la Formación Arenisca Tierna perteneciente al Grupo Guadalupe, muy homogéneas, intercaladas con bancos delgados de areniscas amarillas y rojizas, también de composición cuarzosa y bastante homogéneas. Estos paquetes de areniscas se encuentran plegados, presentándose en algunos casos pliegues tumbados con eje de dirección norte - sur.

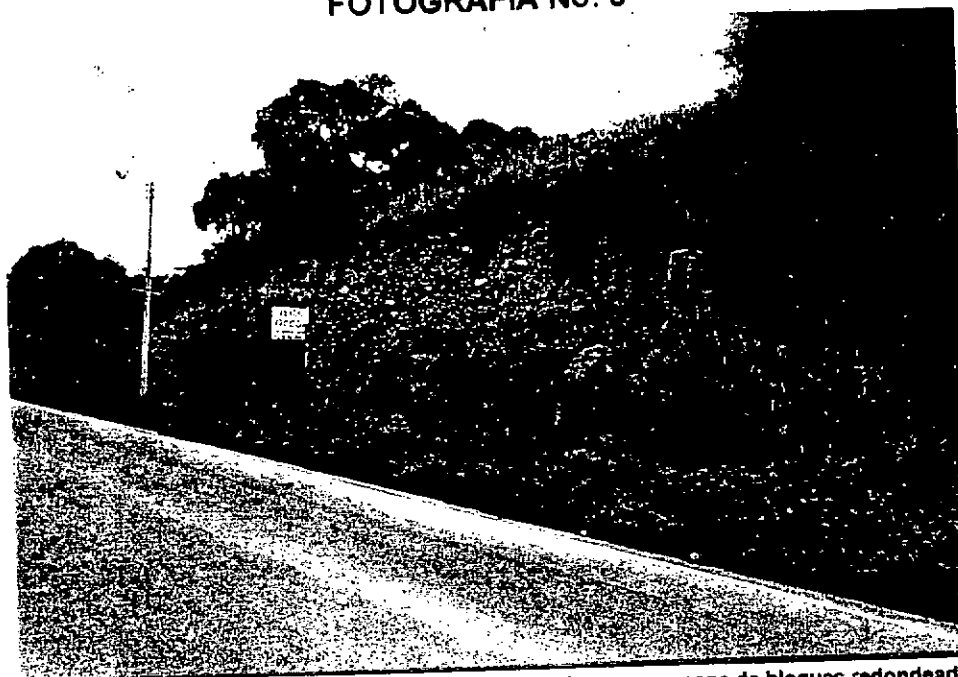
De forma general se observa la geología e hidrogeología de la hoyá alta en el mapa GEOALT. DWG que se encuentra en el Tomo IV Anexo 23. De igual manera para la hoyá baja se puede observar la geología y la hidrogeología en el mapa GEOLBAJ. DWG. que se encuentra en el Tomo IV Anexo 23.

FOTOGRAFIA No. 5



Niveles de terrazas, Q2 y Q1, donde la más baja se forma a partir de la primera. Son depositos cuaternarios con topografía plana. Terrazas en el área de Tocaima - La Mesa

FOTOGRAFIA No. 6



Terraza alta de La Mesa. Corte sobre la carretera a Anapoima se compone de bloques redondeados y subredondeados entre una matriz arcillosa

Como se dijo, estas areniscas están suprayacidas por depósitos no consolidados del Cuaternario, correspondientes a la actividad detrítica y sedimentológica histórica del río Bogotá principalmente, y los abanicos aluviales y eventualmente glaciares que se formaron en la Sabana de Bogotá a mediados del Cuaternario.

El corredor que une las dos zonas del proyecto descritas, se encuentra geológicamente en la misma situación de la zona de las plantas de tratamiento, excepto por el área cercana a la zona de disposición de lodos, en la que aflora ampliamente la Formación Arenisca Tierna, cerca del Alto de Mondoñedo (**Figura No. 1.7**).

1.2.4. Geología Estructural

La mayoría de las formaciones de la Cordillera Oriental presentan plegamientos como consecuencia de la actividad tectónica propia de los Andes. Esto ha ocasionado la aparición de abundantes sinclinales y anticlinales, de fácil identificación, y que en algunas ocasiones se presentan haciendo parte de pliegues tumbados cuyo eje preferencial tiene dirección norte con leve tendencia al oriente.

Se destacan en las áreas del proyecto destinadas a la disposición de lodos, el Anticlinal de Mondoñedo, y el Sinclinal de Laguna Blanca (**Figura No. 1.4**). Este último es la estructura geológica del sustrato en la planicie que ocuparán los sitios de disposición de lodos.

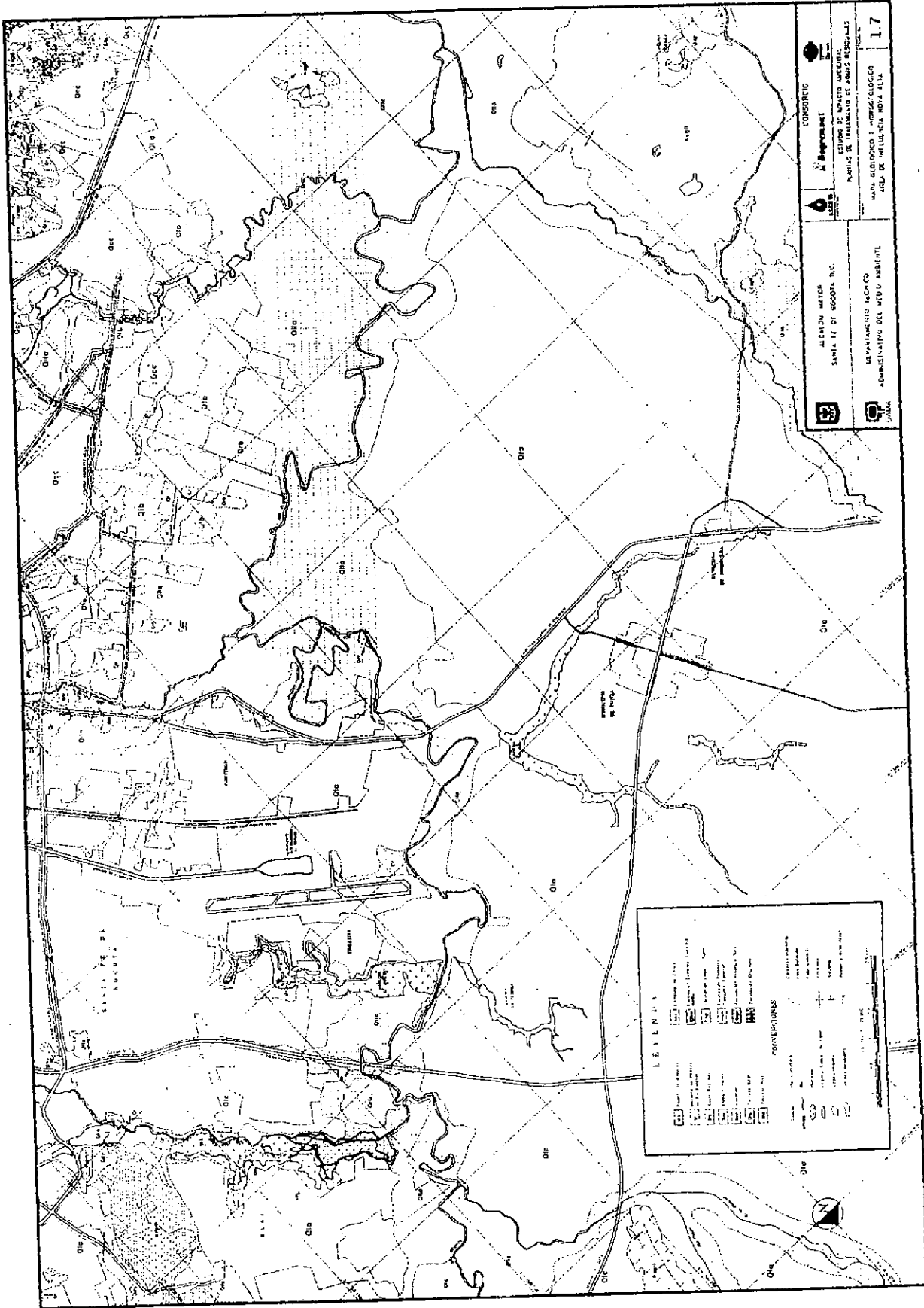
A nivel regional los rasgos más prominentes del relieve, se relacionan con la disposición estructural de la región, de las rocas y la susceptibilidad a la erosión de la litologías en las cuales se ha desarrollado.

Las estructuras formadas por la deformación de las rocas sedimentarias en el área, pliegues y fallas, tienen una dirección preferencial nororiente - suroccidente, que corresponde a la orientación tectónica del tramo meridional de la cordillera oriental.

Entre los principales pliegues que afectan la cuenca del río Bogotá se tienen:

- Pliegues

- ◊ **Anticlinorio de Villeta:** Es una estructura anticlinal de carácter regional, asimétrica, con orientación norte - sur, definida en el Flanco Oriental por



CONSORCIO
ALCALDIA MUNICIPAL
SAN JUAN DE LOS RIOS, E.C.
ESTUDIO DE MAPEO TOPOGRAFICO
PARA EL DISEÑO DE UN PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL
MAPA TOPOGRAFICO - HOMOCIGRAFICO
HOJA DE IDENTIFICACION NO. 11-A
1:7

el grupo Guadalupe, en el flanco Occidental por el grupo Olini y hacia el núcleo por unidades del grupo Villeta. En la región del Tequendama, esta estructura es nombrada como anticlinorio del Tequendama.

Contiene una serie de estructuras menores que se ven afectadas por fallas transversales que influyen en su continuidad. Las estructuras menores identificadas son: Sinclinal de San Joaquín, al noroccidente de esta población; Anticlinal y Sinclinal al norte de San Javier; Sinclinal de la quebrada La Laja; Sinclinal y Anticlinal al suroriente y nororiente de Quipile; Anticlinal de Arabia al sur de Zipacón; Anticlinal del Alto de Las Flores al suroccidente de La Mesa, afectado por una falla paralela al eje del anticlinal; y el Anticlinal Loma Pedregal al nororiente de San Antonio, su flanco occidental se oculta bajo los depósitos aluviales.

- ◇ **Anticlinal Viotá:** Ubicado al oriente de Viotá, es un amplio pliegue anticlinal con rumbo nororiente, cuyo eje se hunde en dirección sur. Hace que las capas de la formación Villeta bucen hacia el oriente con ángulos de 30 a 40°.
- ◇ **Anticlinal Alonso Vera:** Se extiende desde las poblaciones de Girardot y Nariño hasta la población de Tocaima. Con rumbo nororiente - suroccidente, afecta rocas cretácicas del grupo Olini. Este pliegue está afectado por varias fallas transversales.
- ◇ **Anticlinal de Palermo:** Es un pliegue pequeño ubicado al noroccidente de la población de Agua de Dios y cerca del río Bogotá; dicho pliegue es asimétrico con rumbo nororiente - suroccidente y afecta rocas de la Formación Honda.
- ◇ **Sinclinal de Agua de Dios:** Constituye una amplia estructura que se extiende entre los Anticlinales Alonso Vera y Cerro Negro. Tanto en el núcleo como en los Flancos afloran rocas de la Formación Honda.

- Fallas

- ◇ **Falla de Salina:** Del sistema de fallas mayores la mas cercana es la prolongación sur de la falla de Salina, la cual hace parte del sistema de fallas Guape - Quinini - Villeta - Salina; es una falla de movimiento complejo; dextral e inversa; pasa al occidente de la cuenca, con orientación norte - sur; pone en contacto el terciario del Valle Medio del Magdalena y el Cretácico de la Cordillera Oriental.
- ◇ **Falla de Anolaima:** Pasa por el costado occidental de la población de Anolaima, y afecta rocas del Grupo Villeta. Limita el remanente Cuaternario de La Mesa y de Anolaima, y tiene dirección nororiente - suroccidente.
- ◇ **Falla del Río Bogotá:** Es una falla regional de carácter transcurrente, localizada entre Tocaima y Girardot, siguiendo el curso del río Bogotá; se extiende desde el río Cucuana en el departamento del Huila hasta la región de Tocaima en Cundinamarca. Tiene una dirección nororiente - suroccidente; afecta toda la secuencia sedimentaria de Girardot y controla el curso del río Bogotá entre las poblaciones de Tocaima y Girardot (**Fotografías Nos. 7 y 8**).
- ◇ **Falla de Agua de Dios:** Falla inversa, de carácter regional que afecta rocas de la Formación Honda.

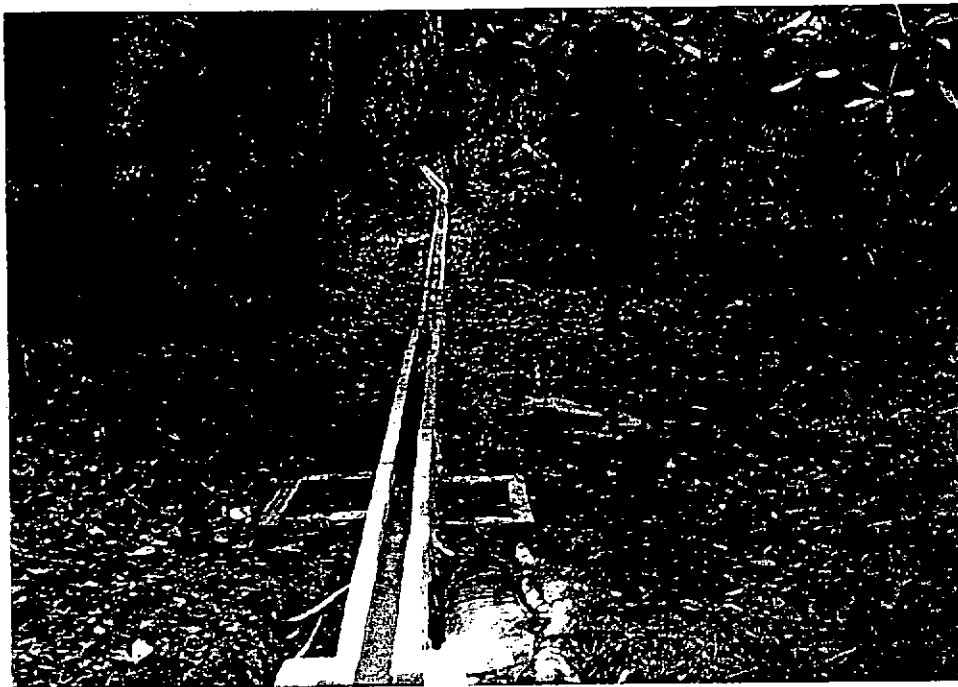
1.3. GEOMORFOLOGIA

El análisis geomorfológico se basa en la descripción y explicación de las formas del relieve; la clasificación de unidades de paisaje se hace según su origen y desarrollo (morfogénesis), forma exterior (morfografía), medida de ciertos rasgos (morfometría) y edad relativa o absoluta (morfocronología).

En la zona de estudio se diferencian claramente dos unidades geomorfológicas, a saber:

- La Sabana de Bogotá.
- La hoya baja del Río Bogotá.

FOTOGRAFIAS Nos. 7 Y 8



Nacedero de aguas termales en el área de Manuel Norte. Canal de conducción de aguas termales que luego son utilizadas como agua potable por los pobladores del Manuel Norte. Estas aguas son consecuencia del sistema de Fallas del río Bogotá entre Tocaima y Girardot

1.3.1. Geomorfología de la Sabana de Bogotá

Desde el punto de vista geomórfico, la Sabana de Bogotá es una gran llanura plana procedente del relleno de un gran paleorelieve de origen posiblemente tectónico en el que se reconocen dos procesos de agradación consecutivos, lacustre y fluvio-lacustre, este último actuante hasta nuestros días. Dentro de este ambiente deben definirse algunas características propias de las llanuras aluviales, que dan una idea sobre la edad del paisaje.

- ⇒ Valles extremadamente anchos, de pendiente suave tanto lateral como longitudinal.
- ⇒ Ríos con poca cantidad de tributarios
- ⇒ Valles varias veces más anchos que las fajas de meandros.
- ⇒ Áreas interfluviales peneplanizadas
- ⇒ Desarrollo masivo de fajas meandrosas
- ⇒ Presencia de pantanos y amplias zonas inundables de las llanuras aluviales.
- ⇒ Poca ajuste de los ríos a los cambios litológicos
- ⇒ Presencia de áreas que han llegado o están cerca del nivel base de erosión.

Estos caracteres, presentes en el caso del río Bogotá, son típicos de un río en estado avanzado de madurez (senectud) en el que los procesos de agradación predominan sobre los procesos de erosión. El paisaje en este ambiente está básicamente integrado por:

- ⇒ Cauce principal del río con amplios meandros en proceso de estrangulamiento.
- ⇒ Presencia de lagunas semilunares originadas en meandros abandonados.
- ⇒ Cauce limitado por albardones o diques naturales, producto de acumulación de los materiales más gruesos disponibles durante períodos de desbordamiento del cauce principal. En el caso del río

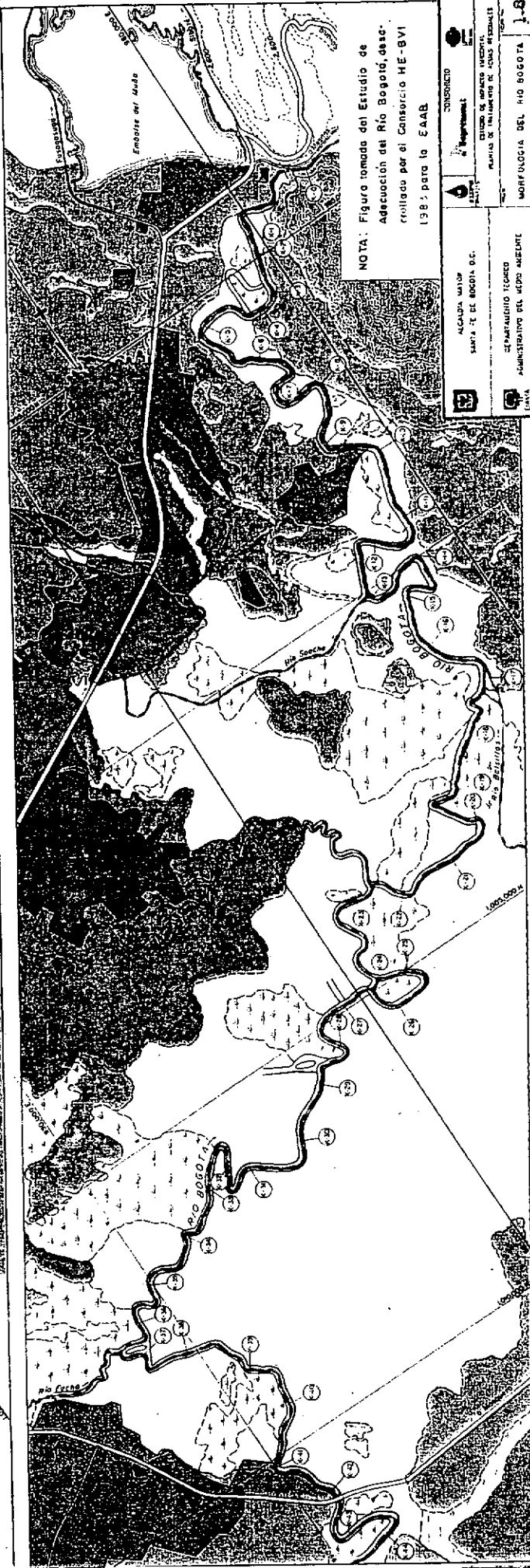
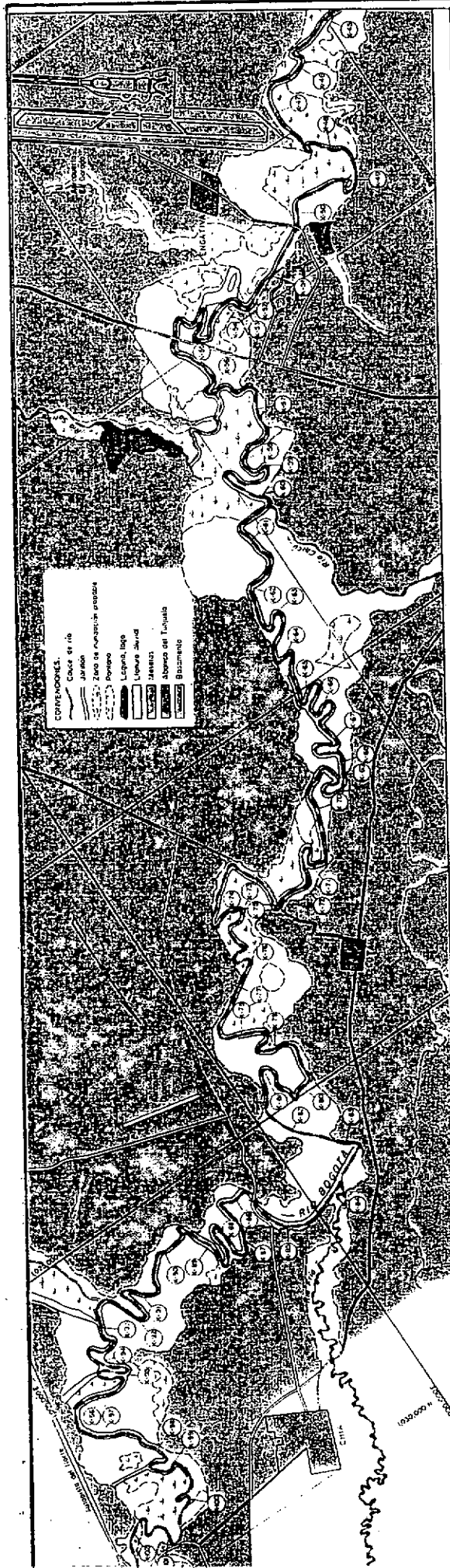
Bogotá, estos albardones están reemplazados por diques artificiales de mayor altura (jarillones) en toda la extensión del área estudiada.

- ⇒ Presencia de lagunas en áreas interfluviales bajas.
- ⇒ Presencia de pantanos y zonas inundables sobre la llanura aluvial.
- ⇒ Zonas planas de la llanura con innumerables relictos de antiguos cauces y meandros, evidencia de la anterior posición del río.

- Unidades Geomórficas Mayores

Todos los caracteres enumerados anteriormente se encuentran asociados en cuatro grandes unidades geomórficas, ilustrada en la **Figura No. 1.8**. Estas unidades son:

- ◇ **Basamento (B)**: Los integran los relieves mayores resultantes de la acción de agentes erosivos sobre formaciones rocosas del Cretáceo. Enmarcan el gran valle del río, incluyendo mesetas y algunos cerros aislados (testigos) con alturas entre 50 y 400 m por encima del nivel de la llanura aluvial. En el área estudiada, el río Bogotá discurre cerca de esta geoforma en el sector Alicachín - Puente Canoas y entre Chía y la Siberia (El Chicú).
- ◇ **Abanico del Tunjuelo (C)**: Geoforma de naturaleza aterrazada presente en el área entre Bosa y Corabastos, con alturas entre 0 y 3 m sobre la zona plana de la Sabana, pendiente muy suave hacia el occidente, compuesto por materiales arenosos procedentes de erosión del Cono del Tunjuelo. Sobre esta superficie se desarrollan pequeños drenajes paralelos en dirección al centro del valle del río Bogotá.
- ◇ **Meseta (M)**: Áreas planas aterrazadas más elevadas que el fondo del valle, no expuestas a inundación masiva, con relativamente buen drenaje. Su elevación oscila entre 0 y 5 m sobre la llanura del río. Está compuesta por arcillas y limos de las formaciones Tilatá y Sabana, respectivamente.
- ◇ **Llanura Aluvial (LL)**: Comprende la zona plana más baja topográficamente, inmediatamente adyacente al cauce del río y limitada físicamente por la presencia de la meseta. Aunque actualmente parece



NOTA: Figura tomada del Estudio de Adecuación del Río Bogotá, desc. realizado por el Consorcio HE-BVI 1983 para la EAAB

	CONSORCIO HE-BVI
	ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.
	DEPARTAMENTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DEL ALCALDE
	CENTRO DE INVESTIGACIONES ALFONSO DE TRUJILLO DE CALDAS PEREZ BOGOTÁ
MORFOLOGIA DEL RIO BOGOTÁ	

estable respecto a posible migración lateral del río, es un área de gran actividad en cuanto a inundaciones durante períodos de lluvias.

Observando el mapa geomorfológico (**Figura No. 1.9**), se pueden diferenciar tres segmentos en los cuales el cauce del río presenta características de pendiente especiales, como sigue:

- ◇ **Segmento Alto:** Va desde el Puente Común hasta la carretera central de occidente. Presenta un valle de aproximadamente 1 km de ancho promedio, bien definido entre la terraza (Meseta) que lo limita a ambos lados con excepción de las zonas ocupadas por afluentes.

El río desarrolló allí su cauce dando origen a formas meandrinosas angulares, con dimensiones caprichosas, causadas no solo por la dinámica de la corriente sino también por pequeñas obstrucciones morfológicas.

En esta área se presenta dentro del valle una alternancia de llanura aluvial (antiguas llanuras de inundación) y llanuras de inundación activas, haciéndose estas últimas más frecuentes aguas abajo y ocupando mayor área.

En este sector los más importantes afluentes se encuentran en la vertiente occidental río Frío, río Chicú (que drena parcialmente el valle de Tenjo), La Florida, Chucua Palo Blanco y Pantano Tres Esquinas. De la vertiente oriental solo desemboca en este sector el río Juan Amarillo.

- ◇ **Segmento Medio:** Comprendido entre la carretera central de occidente y la desembocadura del río Balsillas. En este sector desaparece el confinamiento lateral de la meseta, al entrar en una amplia zona en que predomina la llanura aluvial y las zonas de inundación activas en una franja que localmente sobrepasa los 6 km de ancho.

El desarrollo del cauce en esta área muestra formas meandrinosas más homogéneas y circulares, siguiendo una orientación más constante que en el segmento anterior.

Por el costado oriental se ve limitada esta área por la prolongación del "Cono del Tunjuelo", mientras que hacia el occidente la llanura aluvial, esporádicamente inundable, se prolonga a lo largo del río Subachoque (Balsillas) hasta la laguna de La Herrera.

En este sector desembocan los afluentes más importantes sobre la margen oriental (ríos Fucha, Tunjuelo, Soacha), mientras en la occidental solo desemboca el río Balsillas.

Se presentan zonas de inundación activas sobre la vertiente oriental, aguas abajo del río Fucha, y en toda la vertiente occidental del río que es frecuentemente utilizada en los inviernos como zona de amortiguación. Al frente de las bocas del río Tunjuelo se encuentra igualmente una zona de inundación de aproximadamente 1 km sobre la vertiente occidental.

En la confluencia del río Subachoque y la que fue antiguamente la boca del río Soacha se presenta una amplia zona de inundación a ambos lados del río Bogotá, con una forma triangular (cónica) que se reduce al distanciarse del mismo, lo cual indica la influencia de los ríos afluentes en su conformación.

Esta zona parece corresponder al sector más profundo del antiguo lago, como también es el sector donde confluyen los mayores afluentes del río en la Sabana. Puede esperarse entonces que, en esta zona, los sedimentos de llanura han cubierto a los de meseta en virtud de su mayor profundidad y de la fuerte divagación del Bogotá y sus afluentes

- ◇ **Segmento Bajo:** Comprendido entre la desembocadura del río Balsillas y las compuertas de Alicachín. En este sector se nota nuevamente el valle como unidad geomorfológica, excavando en la meseta o terraza, que a su vez disminuye su extensión debido al cierre paulatino de la estructura conformada por el Basamento (Formación Guadalupe).

El cauce por su parte, tiene en este trayecto las mismas características de angularidad e irregularidad de las formas meandrinosas observadas

en el segmento alto, en un valle que tiene una anchura media de unos 700 m.

De interés primordial desde el punto de vista geomorfológico, son en esta área, una serie de cerros testigos que se observan aguas arriba del Puente Canoas, compuestos por Basamento (Formación Guadalupe), algunos de ellos directamente en contacto con las llanuras aluvial y de inundación, y otros en contacto con la meseta. Estos cerros testigos representan islotes que sobresalían inicialmente del nivel de la laguna y que posteriormente controlaron la trayectoria del río, y evidencian la gran divagación de las corrientes.

De otra parte, en el marco morfoestructural en las zonas de vertiente o laderas montañosas como en las planas o altiplanicie fluvio-lacustre se han diferenciado diversos grupos o conjuntos litológicos, en la mayoría de los casos heterogéneos en razón de su composición y estratificación. Estos grupos litológicos son los siguientes:

- ◇ **Areniscas Cuarzosas Masivas:** Rocas sedimentarias referidas a bancos profundos de areniscas duras, con alguna interestratificación profunda de calizas y arcillolitas.
Son formaciones muy estables con una delgada capa de alteración y de manera general están referidas a la formación geológica conocida como Guadalupe Superior.
- ◇ **Areniscas con Interrelaciones de Arcillolitas Limosas:** Bancos de areniscas compactas pero interestratificadas de arcillolitas limosas, como son las formaciones geológicas conocidas como Cacho y Usme.
- ◇ **Areniscas de Grano Fino a Grueso:** Conjunto conformado por bancos de areniscas friables que en ocasiones se presentan de forma conglomerática o masiva. Corresponden a las formaciones geológicas Regadera y Tiltá.
- ◇ **Lutitas o Arcillolitas Abigarradas:** Son en general conjuntos impermeables, que se presentan interestratificados con areniscas friables y en ocasiones con mantos de carbón. Comprende este grupo

las siguientes formaciones: Guadalupe Medio e Inferior, Guaduas, Chipaque y Bogotá.

- ◊ **Arcillolitas Arenosas:** Conjunto medianamente impermeable, en razón de las intercalaciones de areniscas que presentan y que de manera general corresponde con la formación Usme.
- ◊ **Acumulaciones o Depósitos:** En general estas acumulaciones se pueden subdividir en:
 - ⇒ Depósitos antiguos lacustres en el área plana, constituidos por arcillas plásticas grises, arcillas turbosas, restos de maderas, diatomitas y arenas.
 - ⇒ Aluviones recientes, materiales limosos y limoarenosos por la actividad fluvial actual.
 - ⇒ Depósitos fluvio glaciares, referidos a morrenas laterales y frontales asociadas a valles periglaciares.
 - ⇒ Coluvios o conos aluviales, transportados por gravedad o acción fluvial y dispuestos en zonas de piedemonte.
 - ⇒ En la modelación del relieve y comportamiento morfológico igualmente han tenido influencia las cenizas volcánicas que se han entremezclado con los diversos grupos litológicos ya descritos.

La distribución litoestratigráfica de las áreas involucradas dentro del proyecto, se describió en el Componente Geológico del estudio (numeral 1.2 de este Tomo).

- Geomorfología del Area de Mondoñedo

Esta zona se caracteriza por la presencia de una serie de montañas y colinas conformadas por rocas del Grupo Guadalupe, las que se encuentran cubiertas muy localmente por pequeños Depósitos Cuaternarios, producto de la erosión de los cerros adyacentes, los cuales tienen una forma plana, dando como resultado

dos geoformas que contrastan, una de llanura aluvial y depósitos lacustres, rodeada de otra con topografía ondulada y abrupta.

Tiene pendientes entre 20 y 35°, y escarpes que son suavizados como resultado de la acción erosiva del agua de escorrentía y el viento principalmente.

Afloran en este sitio litologías de la Formación Arenisca de Labor, rocas que se encuentran fuertemente diaclasadas y plegadas. Este diaclasamiento produce una porosidad secundaria de gran importancia en la conformación de acuíferos a partir de este material.

El relleno cuaternario, de origen aluvial - coluvial, está compuesto por arcillas, con espesor de 15 m, y un suelo areno - limoso desarrollado con un espesor de 4 a 5 m.

- Evolución Morfodinámica de la Sabana de Bogotá

El análisis realizado hasta el presente, con la comprobación suministrada por los análisis de polen y de carbono 14, en muestras de un pozo perforado en la ciudad Universitaria, y por los fósiles de mamíferos de Mosquera y la laguna de La Herrera, permite esbozar la siguiente cronología del río Bogotá:

La Sabana de Bogotá estaba cubierta por un inmenso lago hasta hace aproximadamente 23.900 ± 600 años; a partir de esa época se inició su proceso de desecación, a través de una brecha abierta sobre las areniscas de la Formación Guadalupe, a la altura de Alicachín. La desecación ocurrió muy lentamente, si se considera que la máxima altura de los sedimentos lacustres, sobre el nivel base actual en Alicachín, es de apenas 15 m. Avanzado el proceso de desecación, el ambiente de la Sabana pasó a ser de pantano, para evolucionar posteriormente hasta el de terreno plano, con inundaciones periódicas, que se presentan hasta la actualidad.

Los depósitos que hoy forman la meseta, son entonces de origen lacustre y anteriores a los 23.900 años. En la ciudad Universitaria estos sedimentos se localizan a una profundidad de más de 3,45 m, y están cubiertos por una delgada capa de arcilla negra húmica, (0,40 m) que señala la época de desecación de la laguna. Sobre esta arcilla se encuentran otras, depositadas en ambiente paludal, (pantanosos), cuya sedimentación se prolongó hasta la época de colonización humana.

En la medida en que bajaba el nivel del agua de la laguna, se abría paso el río desde su origen cerca de Villapinzón hasta la zona plana del lago, una situación similar a la que hoy presentan los ríos Ubaté y Suárez en el área de la laguna de Fúquene.

En condiciones de pantano, la divagación del río Bogotá fue considerable, dando origen a formas meandrosas angulares, causadas en parte por la incompetencia del río y en parte por aparición de pequeños obstáculos morfológicos, o influencias de los ríos afluentes. Es necesario pensar que en este terreno plano, pantanoso, la capacidad erosiva de la corriente era muy baja.

Durante la existencia de la laguna, los afluentes rendían su carga (agua y sedimentos) subacuosamente, formando depósitos imbricados con los sedimentos de la laguna, (por ejemplo, el cono del Tunjuelo); posteriormente fluyeron sobre una superficie plana de arcillas, depositando su carga de limos cerca de su antigua desembocadura debido al repentino descenso de su velocidad y dispersando sus aguas anárquicamente sobre la superficie arcillosa.

Simultáneamente y a partir del nivel de base local, la corriente se encargó de cavar regresivamente un cauce que poco a poco se convierte en un río de curso relativamente estable, cuyo corte da origen a la meseta. A esta altura las inundaciones se van restringiendo paulatinamente al valle, dando origen a una llanura de inundación o llanura aluvial, dentro de la cual el río divaga siguiendo la misma mecánica, es decir, originando formas meandrosas angulares y caprichosas.

Las posiciones diferentes en la vertical de los depósitos lacustres de la meseta, indican diferencias apreciables en el nivel original del fondo del lago. En el último período de actividad del río, que data posiblemente de los últimos 300 años, la meseta es definitiva en el control de la divagación del río. Esta divagación parece haber sido muy intensa en dicho período, según se aprecia por las huellas muy patentes de meandros abandonados a todo lo largo del área de estudio.

El río Bogotá entra en estas condiciones en la época de colonización de la Sabana por el hombre, quien a comienzos de este siglo inicia la construcción de jarillones a todo lo largo del cauce para disminuir los efectos de las inundaciones. En la medida en que ha ido creciendo la ciudad, se han eliminado muchas zonas pantanosas como las de El Salitre, Modelia, Fontibón, laguna de Juan Amarillo y Cota entre otras.

- Morfodinámica Actual de la Sabana de Bogotá

- ◊ **Dinámica Actual y Tipos de Formas:** La dinámica actual y los tipos de formas existentes están determinadas por la posición y composición geomorfológica del lecho fluvial, su historia paleoclimática y paleomorfológica, de manera que aparecen procesos hidrodinámicos y mecanismos de alteración externa que revisten gran importancia en el desarrollo de los procesos dinámicos actuales y de formas como conos y terrazas.

Igualmente, la actividad tectónica en pliegues, fallas y el levantamiento de la Cordillera Oriental ocurrido durante la Orogenia Andina, han dado como resultado la formación de pliegues con orientación preferencial nororiente - suroccidente y fallas con diferentes rumbos, que han conducido a la presencia de unidades de rocas de heterogénea composición y resistencia.

- ◊ **Procesos Actuales:** El modelado del relieve presenta variaciones debido a las diferencias de composición litológica de las unidades aflorantes, el tamaño del grano y la resistencia a la meteorización.

Dentro del área de estudio, los agentes erosivos más importantes son el componente hídrico y el antrópico, por los procesos de deforestación y modificación sustancial del paisaje natural.

En las partes altas, la erosión hídrica se manifiesta como formas de desgaste por láminas de agua produciendo erosión edáfica, principalmente como deslizamientos de los suelos arenosos y deleznales de las unidades geomorfológicas de composición arenosa.

Otra forma de erosión hídrica de importancia ha sido la fluvial, fácilmente observada en los cauces principales, como la modificación parcial de los cauces de los ríos Bogotá y Tunjuelo, que revelan una profundización de su cauce en las terrazas altas y conos aluviales antiguos, y en la zona plana, la formación de meandros.

Los meandros son un rasgo característico del trazado fluvial del río Bogotá en toda el área de interés, existiendo solo algunos trazos rectilíneos, así como el ofrecer un régimen igualmente plácido bajo condiciones secas o torrenciales. Son meandros típicos de llanura

aluvial, llamados también meandros libres o divagantes, cuya configuración actual parece indicar que evolucionaron a partir de estructuras más encajonadas, convirtiéndose en meandros libres por ensanchamiento del valle.

Es de destacar que en el tramo norte del río, entre la población de Cota y Fontibón, el valle aluvial forma una faja angosta, que parece coincidir apenas con el ancho exigido para las divagaciones requeridas por el río. Después de Fontibón, aguas abajo, el valle se amplía y aumenta igualmente el distanciamiento entre meandros, con respecto al tramo superior. Este hecho podría relacionarse con posibles variaciones en la composición granulométrica de los materiales de arrastre o en suspensión o con cambios en el perfil de equilibrio del río. Puede decirse que el río busca o ya encontró su estado de equilibrio o de excavación máxima según las condiciones climáticas que intervienen en la potencia de su cauce, aunque el aumento de descargas por desechos podría estar participando de algun manera en esta dinámica.

Estos meandros, de evolución rápida, tienen importancia ecológica, pues al ser estrangulados en forma natural, forman madre viejas que son alimentadas por el río en las épocas de desborde, y que terminan formando pantanos o humedales de cierta persistencia en el tiempo.

En la actualidad estos meandros son rellenados para fines urbanísticos o agrícolas o se impide su llenado por parte del río por medio de jarillones o muros de contención.

- ◇ **Los Tipos de Formas:** La dinámica actual y los tipos de formas están asociados con la dinámica aluvial y con los procesos morfogénicos (erosivos) en condiciones naturales y de intervención antrópica.

Las terrazas se encuentran poco desarrolladas en el valle aluvial actual del río Bogotá, apareciendo solo a tramos y correspondiendo en general con los lechos de inundación antigua, de períodos relativamente recientes. Por esta razón no se encuentran taludes sino que dominan superficies casi llanas. Sin embargo, a lo largo de algunos afluentes mayores como el Fucha, Tunjuelo, Soacha y Juan Amarillo parece haber un mayor desarrollo de ellas.

Contrariamente, los sedimentos de la planicie lacustre en el contacto con los sedimentos aluviales actuales forman terrazas prácticamente planas.

Estas se caracterizan también por ofrecer un desnivel (talud vertical) de muy poca altura, lo que hace que muchas veces se confundan los dos sistemas de depósitos involucrados. El carácter rectilíneo o sinuoso de los rebordes de terraza varía en función del grado de disección actual. Desde luego, en el sector Cota, la presencia y cercanía de relieves montañosos favorece una mayor disección de los depósitos cuaternarios por acción del escurrimiento hídrico superficial que aquí se intensifica por acción de la pendiente en cauces torrenciales de poca longitud. En el área de mayor expansión aluvial, la disección transversal muestra cursos poco profundos más separados y cuya torrencialidad está limitada por la poca pendiente.

- Estabilidad Geomorfológica del Cauce del Río Bogotá en la Sabana de Bogotá

El alineamiento en planta del río Bogotá es una de sus características más estables dentro de su historia reciente; en efecto, la revisión de fotografías aéreas históricas del río, que abarca el período a partir de 1950, demuestra que no existen variaciones naturales detectables en su alineamiento a lo largo de la zona de estudio. Los únicos cambios evidentes corresponden a modificaciones inducidas artificialmente, que hasta 1981 no eran en forma alguna sustanciales, con excepción de las resecciones del meandro del Say y una de las vecinas a Puente Canoas.

Conocida la historia geológica del río y su estado actual, el principal interrogante que queda es sobre la datación de su período más reciente de actividad morfológica. Esta actividad es evidente no solo por la existencia de numerosas huellas de meandros cortados, sino por la acentuación de esas huellas que se nota al observar progresivamente los registros fotográficos. Aún cuando no hay signos de actividad en los últimos 30 años, se considera posible que ésta sí haya sido intensa en los últimos 100 años y que últimamente fue atenuada en forma considerable por la construcción de las compuertas de Alicachín, y de otras aguas arriba.

La determinación del último período de actividades morfológicas del río es fundamental en la estimación de su tiempo de reacción; desafortunadamente, el único parámetro disponible para análisis es el descenso total de nivel de base, que parece ser del orden de 15 m, juzgando por la diferencia de nivel entre la porción más alta de la meseta, y el nivel actual de Alicachín. Suponiendo que la desecación de la laguna fue total hace 24.000 años, la tasa de descenso promedio del nivel de base sería de apenas 0,6 mm/año, que parece un cambio demasiado pequeño para generar procesos de activación morfológica a corto plazo (100 a 300 años). Comparativamente, el emplazamiento de las compuertas

de Alicachín, que han aumentado el nivel de base en por lo menos 1 m en los últimos 30 años, habría causado una regresión en el desarrollo morfológico del río, equivalente a más de 1.500 años de trabajo natural del mismo.

Si se acepta la teoría de que hubo alguna reactivación de la depositación lagunar, posiblemente a causa de fenómenos de inundación producidos por derretimiento de glaciales, se puede reducir el período de descenso del nivel de base a los últimos 9.000 años, con lo cual el descenso promedio sería de 1,67 mm/año, tasa que aún es considerablemente baja. Comparativamente, el cambio supuesto, de 1 m de aumento en Alicahín, habría retrocedido el desarrollo del río en casi 600 años.

Con cualquiera de las suposiciones anteriores, resulta factible afirmar que la existencia de las compuertas en Alicachín puede ser la única causa del cese absoluto de la actividad morfológica del río que se observa en el registro fotográfico. Si se considera además, que el último período de actividad data de los últimos 300 años, lo cual parece enteramente posible, eso puede significar que una variación de apenas 50 cm en el nivel de base, por debajo del nivel original anterior a las compuertas, podría causar una drástica reactivación de la dinámica morfológica del cauce.

Las condiciones actuales del alineamiento del río son como ya se dijo, representativas de un cauce con escaso transporte sólido, baja capacidad erosiva, baja relación ancho a profundidad y alta sinuosidad. Considerando que la sinuosidad promedio de los cauces aluviales típicos está usualmente entre 1,5 y 2, se puede apreciar que en su última etapa de actividad el río Bogotá (con valores superiores a 2,2), respondía ya a una situación de baja pendiente y escaso abastecimiento sólido, cuando detuvo definitivamente la evolución de su alineamiento.

- Adecuación Hidráulica del río Bogotá

Para controlar las inundaciones de las zonas urbanas de Santa Fe de Bogotá, causadas por el desbordamiento del río Bogotá, se han diseñado obras hidráulicas en éste⁵, que consisten en un dragado de su cauce, un refuerzo de diques, corte de algunos meandros y reubicación de las compuertas de Alicachín a una cota más baja que la actual. Aunque la ejecución de dichas obras aún no ha

⁵ HIDROESTUDIOS LTDA y BLACK AND VEATCH INT. Diseños Definitivos de la Adecuación Hidráulica del Río Bogotá, las Extensiones del Plan Maestro de Alcantarillado y los Estudios de Tratamiento de Aguas Negras de la Ciudad de Bogotá. 1985.

sido programada, es preciso tener en cuenta sus implicaciones en la estabilidad morfológica del río.

Una reactivación del movimiento de los meandros del río requeriría del descenso del nivel de base en Alicachín, y el aumento de la carga sólida en el cauce. Sin embargo, el solo descenso del nivel de base, la ampliación de la sección, la reducción de la relación ancho a profundidad y el aumento de caudal podrían generar suficiente capacidad erosiva adicional en el trayecto superior, para inducir un aumento de la carga cerca de Alicachín y generar movimiento de los meandros en esa zona.

De lo anterior se desprende que mientras no se hagan obras de tipo hidráulico en el río Bogotá, no se presentarán condiciones de inestabilidad geomorfológica en su cauce. En caso de que se decidiera realizar cualquier clase de dichas obras, deberán tomarse las siguientes precauciones:

- ⇒ Procurar un aumento de los radios de curvatura de los meandros y una uniformización de los mismos, de modo que se abandonen las formas caprichosas angulares actuales, que podrían ofrecer excesiva resistencia a un flujo de mayor velocidad, induciendo fenómenos locales de socavación.
- ⇒ Mantener la sinuosidad del río en el rango de 1,5 a 2, globalmente y por tramos, según los trayectos Puente Común - río Salitre, río Salitre - río Fucha, río Fucha - río Tunjuelo, y río Tunjuelo Alicachín.
- ⇒ Hacer un análisis cuidadoso del aumento en la capacidad de transporte del cauce para cualquier tipo de obra hidráulica. Este análisis se debe hacer calculando, para cada caso, la tasa anual de transporte integrada sobre la totalidad del rango de caudales de la curva de duración.
- ⇒ Calcular el esfuerzo cortante actualmente producido por el flujo sobre el fondo y las paredes del cauce actual, y de cualquier obra, y compararlo con los valores promedio de la resistencia al corte de los materiales que conforman el canal en los cuatro tramos mencionados anteriormente. La comparación deberá realizarse también sobre todos los caudales de la curva de duración, e implica el estudio de la textura y la resistencia al corte de los suelos que conforman las bancas, y de los materiales del fondo actual y del lecho futuro en caso de que haya profundización artificial del cauce.

⇒ De encontrarse crítico el aumento de esfuerzos cortante sobre la resistencia al corte de los suelos, se debe proceder a un estudio más detallado de las condiciones de erodabilidad de los materiales del canal, que incluya una determinación de la composición química de las aguas del río y de los tipos de material cohesivos presentes en el suelo. Las principales características que pueden influenciar el valor del esfuerzo cortante crítico, son: el contenido de sales en el agua, y capacidad de intercambio iónico y dispersividad de los suelos.

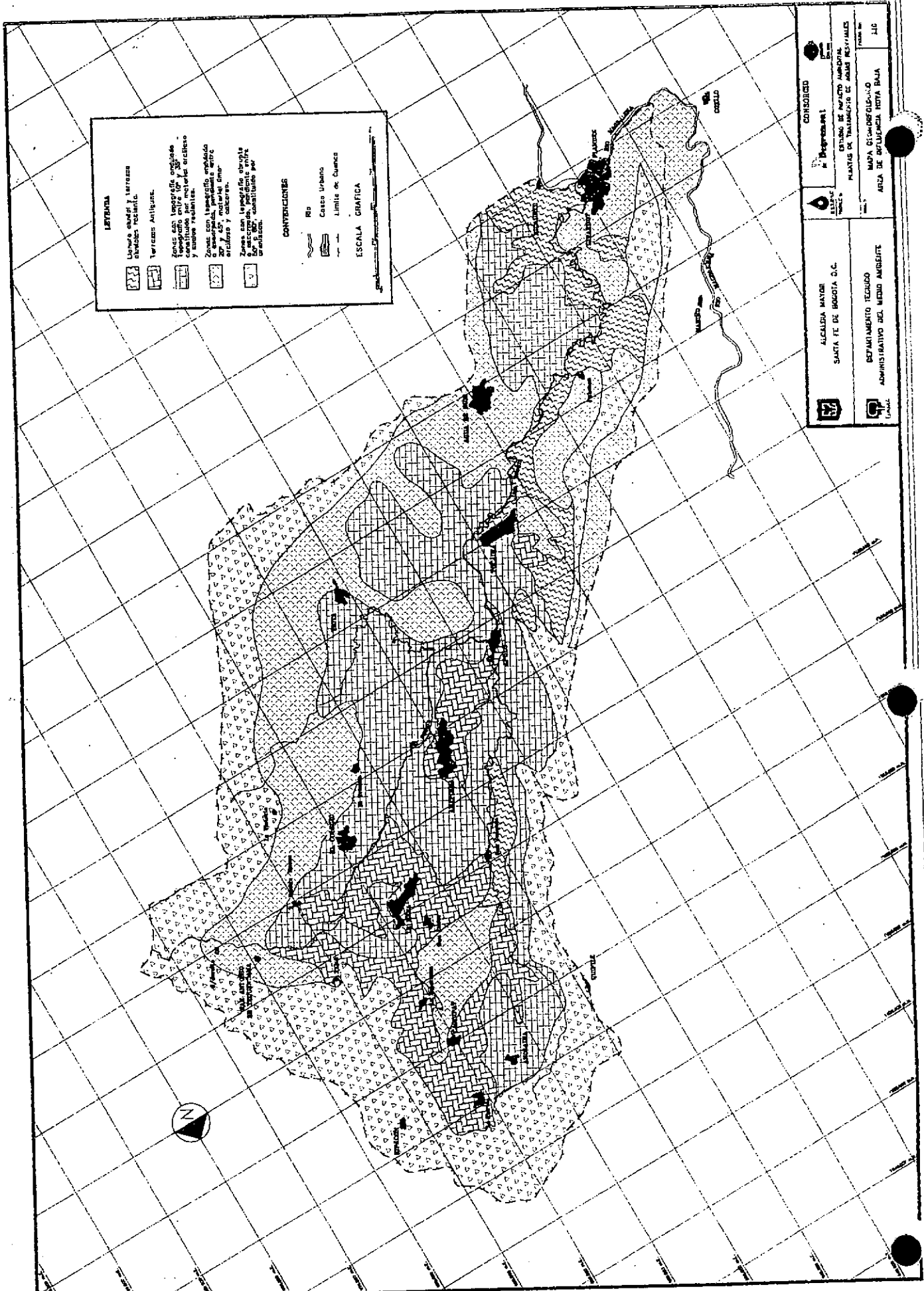
1.3.2. Geomorfología de la Hoya Baja

A partir de la ruptura de la pendiente que originó el Salto de Tequendama hasta su desembocadura en el Magdalena, el río Bogotá irriga dos regiones de modelado diferente: la hoya media, de relieve quebrado comprendida entre el borde de la Sabana de Bogotá y el boquerón de Portillo (en las cercanías de Tocaima); y la hoya baja con la llanura del río Bogotá inferior, comprendida entre el aludido boquerón y la confluencia en Girardot. En la parte de Geología se hizo resaltar la predominancia de las estructuras cretácicas en la primera unidad y de la cuenca sedimentaria terciaria en la última.







Cabe señalar, por otra parte, las diferencias observables en el clima y en la vegetación: la región alta pertenece al piso térmico templado a frío con bosques tropicales de altitud (selva nublada), mientras que la cuenca baja es caliente y relativamente seca; el valle superior del Magdalena - la región de Apulo - Viotá - El Colegio - La Mesa - es una transición que se nota también en los procesos geomorfológicos (**Figura No. 1.10**).

- ◇ **Cuenca Media:** El río Bogotá entra a ella cruzando el grueso monoclinial formado por las areniscas del grupo Guadalupe y las lutitas del grupo Villeta subyacentes. El río corre en un lecho profundamente encajonado, de perfil longitudinal muy pendiente e irregular, bloqueado en algunos sectores por capas sedimentarias, resistentes o empedramientos de bloques enormes.





Varios niveles de terrazas quedan como testigos de la profundización progresiva del valle, indicativos además, de los cambios ocurridos en la dinámica de los ríos y de la evolución de las vertientes (**Fotografías Nos. 2, 5, 6, 9, 10 y 11**).




LEYENDA

 Zonas urbanas y terrazas de zonas vecinales.
 Terrazas Antiguas.
 Zonas con topografía original, que han sido modificadas por sectores arborescenciales y zonas pedáneas.
 Zonas con topografía original, que han sido modificadas por sectores arborescenciales y zonas pedáneas.
 Zonas con topografía original, que han sido modificadas por sectores arborescenciales y zonas pedáneas.
 Zonas con topografía original, que han sido modificadas por sectores arborescenciales y zonas pedáneas.

CONVENCIONES

 Río
 Caso urbano
 Límite de Queens
 ESCALA GRÁFICA


 CONSORCIO
 ALCALDIA MAYOR
 SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.
 DEPARTAMENTO TÉCNICO
 ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE

OFICINA DE PLANEACIÓN URBANA
 PLANEACIÓN DEL TERRITORIO DE ZONAS RESIDENCIALES
 MAPA DE DENSIFICACIÓN-1-0
 AREA DE DENSIFICACIÓN NOTA BAJA

ESCALA: 1:10

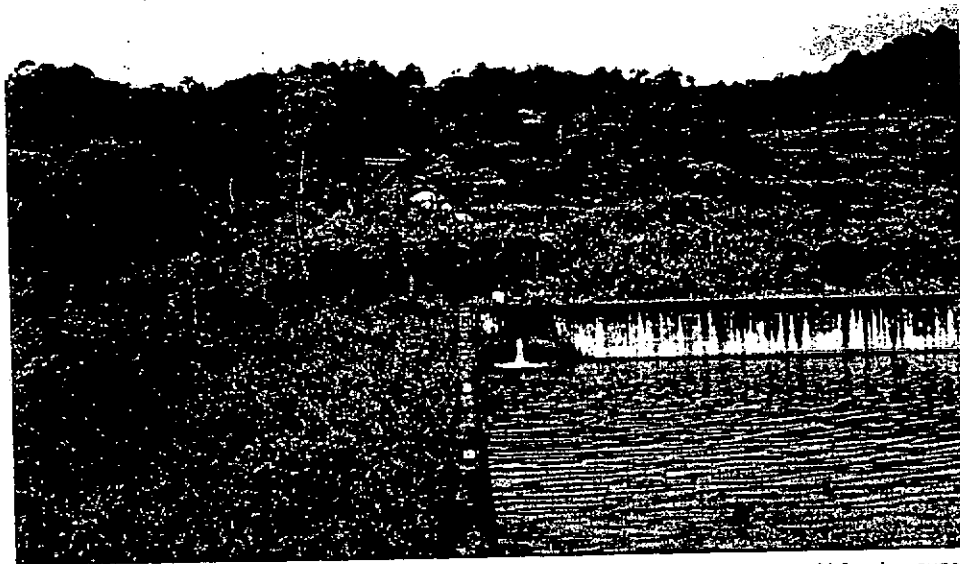
- ◇ **Terraza de La Mesa:** Aunque se presenta bastante disectado, esa formación conserva una topografía que indica una acumulación de fondo de valle. Se acumularon materiales no seleccionados provenientes de deslizamientos y coladas de barro en una matriz fina arcillosa abundante. La alteración química de los elementos gruesos, casi todos de areniscas (Guadalupe), ha sido relativamente fuerte (teniendo en cuenta la resistencia de estas rocas silíceas) y penetra hasta varios metros de profundidad (**Fotografías Nos. 5, 6 y 9**).

FOTOGRAFIA No. 9



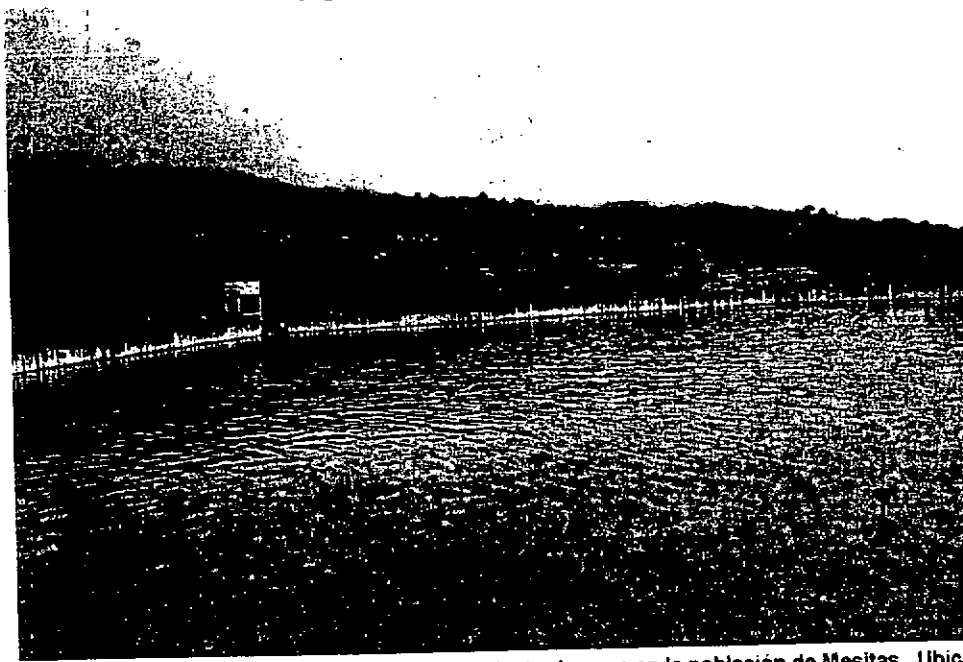
Topografía abrupta al fondo, con niveles de terrazas cuaternarios característico del área entre el Salto de Tequendama y Tocaima

FOTOGRAFIA No. 10



Tanque de sedimentación de la planta de tratamiento de agua en la población de Mesitas. Al fondo cruza el tubo que conduce las aguas negras hacia la planta eléctrica. Ubicada sobre una topografía suave, correspondiente La Formación Socotá

FOTOGRAFIA No. 11



Tanque de sedimentación de la planta de tratamiento de agua en la población de Mesitas. Ubicada sobre una topografía suave, correspondiente La Formación Socotá

- ◇ **Grupo de Terrazas de Anapoima - Apulo:** Son terrazas bien conservadas (pero en forma discontinua); se encuentran separadas por un talud de unos 20 m de altura, pero se pueden observar restos de la más antigua o de la otra en varios sectores del valle del río Bogotá (Mesitas del Colegio) y en menor cantidad en el río Apulo (La Mesa).

En ambos niveles se presenta el material bastante bien seleccionado y redondeado, con una matriz principalmente arenosa y más bien escasa indicativa de un régimen hidráulico más regular. La alteración de los cantos de areniscas es menor y menos profunda que en el nivel de La Mesa. Se presenta además un poco más nítida en la terraza más alta del grupo.

- ◇ **Terrazas Recientes:** Por el encajonamiento profundo del río Bogotá, no se encuentran formaciones aluviales recientes extensas sino unas acumulaciones muy discontinuas en las partes menos estrechas del fondo del valle, así como cerca del puente de la carretera La Mesa - Mesitas y cerca de Apulo. El material presenta las mismas características que en los niveles de Anapoima, pero sin la alteración superficial.

- ◇ **Depósitos de Ladera:** Una capa gruesa de materiales no seleccionados muy parecidos a los de la terraza de La Mesa, inclusive en cuanto a su meteorización, cubre algunos sectores de las vertientes al pie de la cornisa de areniscas (Guadalupe) que limita la cuenca sobre todo en la región La Victoria - Mesitas del Colegio, El Triunfo y Viotá. Topográficamente también parece que esas formaciones superficiales hacen parte del mismo conjunto que ella. Se presentan disectadas o recubiertas por materiales más recientes, menos alterados que también indican procesos de derrumbe, deslizamientos y solifluxión. En Mesitas del Colegio y al norte de La Mesa se puede observar la interstratificación de estos depósitos con el nivel aluvial superior del grupo Anapoima.

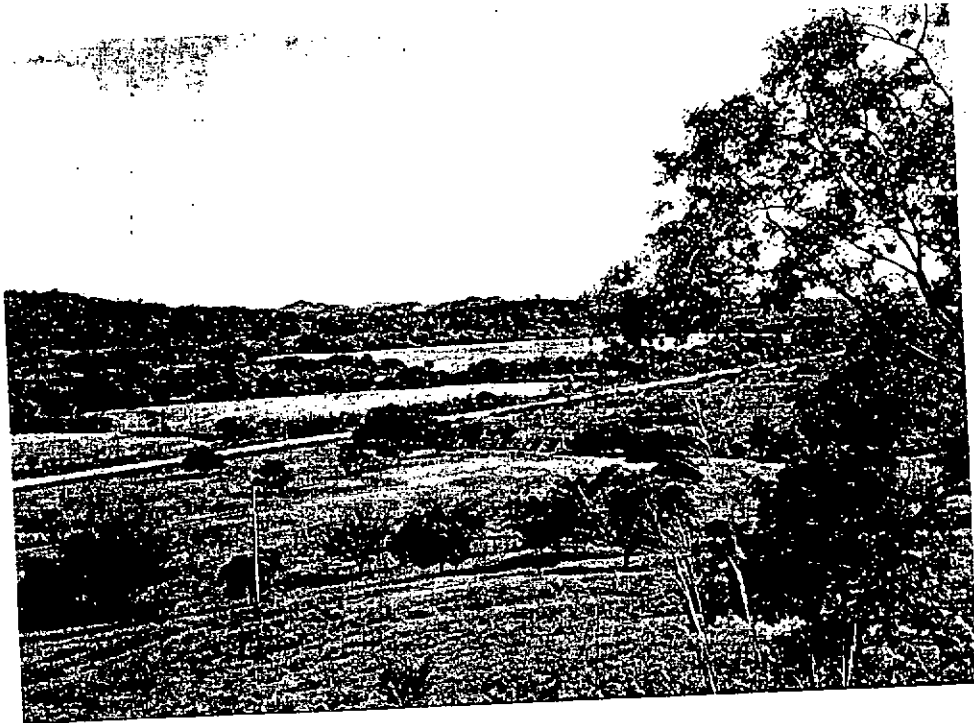
En el área de Anapoima - Viotá - Apulo, la parte inferior de las vertientes parece disectada principalmente por escurrimiento y las rocas compactadas y blandas afloran con frecuencia directamente o son recubiertas por delgados coluviones finos. Cabe indicar también que algunos sectores, en especial el de la región de La Victoria - El Colegio, presentan una cobertura de cenizas volcánicas cuya edad no debe ser muy antigua.

- ◇ **Boquerón de Portillo y Cuenca Baja:** En el mismo Boquerón, entre Apulo y Tocaima, se encuentran restos de terrazas, probablemente del Grupo Anapoima - Apulo, casi siempre recubiertos por escombros o por abanicos que retoman este mismo material, generalmente calcáreos.

Al desembocar en la llanura de Tocaima, el río Bogotá pierde fuerza y sus aluviones forman abanicos y terrazas sucesivas en los cuales se pueden reconocer los niveles de la Cuenca Media. Esas acumulaciones sin embargo no son tan espesas como allá, o sea que su disección hubiera sido mayor por las condiciones de escurrimiento intenso que se observan todavía o más bien porque el río Bogotá quizás no transportó muchos aluviones sino que ha removido y labrado los materiales de las terrazas antiguas en la misma cuenca media, arrastrando solo una parte hasta la llanura aluvial inferior (**Fotografías Nos. 12 y 13**).

- ◇ **Terraza Alta de Pubenza:** Encima de las arcillas rojas terciarias, en las cuales la disección forma hasta "bad - lands", se encuentran cantos redondeados de arenisca que son restos de un antiguo nivel completamente arrastrado.
- ◇ **Terraza de Tocaima:** Bien conservada en la misma ciudad y más al oeste en varios lugares cruzados por la carretera a Girardot, se encuentra una terraza con materiales relativamente bien seleccionados y redondeados, poco alterados, con matriz arenosa. Es probable que este nivel y el de Pubenza correspondan al grupo de Anapoima - Apulo.
- ◇ **Terraza de El Peñón:** En las cercanías de la salida del Boquerón de Portillo se observa una acumulación aluvial más baja con interstratificación de materiales del río Bogotá y de una quebrada afluente. La granulometría no ofrece una gran selección, lo que corresponde a la posición geomorfológica de abanico con que se le ha reconocido a esa unidad. La pendiente longitudinal es relativamente inclinada y el mismo material de cantos gruesos se vuelve a encontrar aguas abajo en un corte de la carretera a Girardot después del cruce con la carretera a Agua de Dios con una altitud relativamente menor. Se supone que está recubierto luego por los aluviones de la Terraza Reciente Superior puesto que no se ha encontrado en los cortes existentes.

FOTOGRAFIA No. 12 Y 13



Llanura aluvial del río Bogotá entre Tocaima y Girardot. Morfología plana, compuesta por una compleja asociación de abanicos y terrazas aluviales. Al fondo una topografía diferencial escalonada reflejando la combinación litológicas duras y blandas de la Formación Honda

- ◇ **Terrazas Recientes:** La llanura aluvial ancha que se extiende desde Tocaima hasta el Magdalena se presenta en realidad como una asociación compleja de terrazas, un nivel superior conservado en la margen derecha del río Bogotá el cual no se diferencia topográficamente del abanico del Peñón pero consta exclusivamente, por lo menos en los primeros metros superiores, de materiales, arenas y limos en los cuales no se observa la acumulación difusa de óxidos de hierro que caracteriza todos los depósitos antiguos. Este nivel empata directamente con una acumulación compuesta por arena fina y materiales volcánicos probablemente llevados por el río Coello sin relación importante con influencias climato - geomorfológicas.

Dicho nivel reciente superior no sería entonces una terraza climática sino originada por elevación del nivel de base en la región de la confluencia, y el material depositado no correspondería a suministros excesivos por la erosión en las vertientes sino a la imposibilidad de transporte del río Bogotá por falta de pendiente.

El nivel reciente intermedio se presenta encajonado en unos 2 a 5 m dentro del precedente y consta igualmente de materiales finos que descansan sobre estatos de cantos de espesor desconocido. Ninguna alteración es observable a simple vista. La zona de divagación de los meandros del río Bogotá constituye la última unidad y presenta todas las características de un lecho mayor.

- ◇ **Valles Afluentes y Modelados de las Vertientes:** El marco de la cuenca media se presenta elaborado en las rocas cretácicas que forman cuchillas altas y vertientes muy pendientes frecuentemente labradas en fajas estructurales. Las rocas blandas terciarias han sido más disectadas por colinas suaves al pie de las cuales se encuentran coluviones finos y aluviones muy semejantes. Al pie del escarpe cretácico que limita la cuenca en la margen derecha del río Bogotá, varias quebradas labraron depresiones anchas y a veces, en estas derramaron sus aluviones, formando abanicos coalescentes o individuales, con varios niveles que se relacionan con las terrazas del río Bogotá.

- Evolución Morfodinámica durante el Cuaternario

La depresión estructural de la Sabana de Bogotá contiene sedimentos

pliocénicos, con una flora de piso caliente, es decir que el levantamiento de la cuenca superior del río Bogotá (de unos 2.000 m o más) debe atribuirse a la época Cuaternaria.

Las acumulaciones de La Mesa - El Triunfo y la terraza antigua de Fusagasugá - Tolemaida (cuenca del río Sumapaz) bien podría corresponder a esta fase de intensos movimientos tectónicos; éstos hubieran favorecido la formación de los derrumbes y deslizamientos que determinaron las características sedimentológicas de dichos depósitos. Por otra parte, la alteración de los materiales correspondientes a esa época es relativamente intensa a pesar de la resistencia de las areniscas que predominan en la fracción aluvial gruesa.

Quizas, además de la edad, podrían considerarse condiciones climáticas diferentes de las actuales, en particular una temperatura mayor relacionada con una altitud menor que es la actual. Sin embargo, la terraza de Tolemaida que todavía se encuentra en el piso caliente, está más afectada por la meteorización que la de La Mesa; desde luego se puede decir que el levantamiento de la cuenca media del río Bogotá no debe haber sido muy amplio después de la acumulación del nivel de La Mesa. Ciertamente es que no se observan, con evidencia, deformaciones en las terrazas del río Bogotá; el nivel de La Mesa es bastante inclinado pero se relaciona con el tipo de dinámica torrencial al cual corresponde.

El nivel de la terraza superior del grupo Anolaima - Apulo indica un caudal importante y la interstratificación de materiales deslizados de esa época se debía a lluvias abundantes.

Las terrazas más recientes indican una mayor estabilidad de las vertientes y una erosión principalmente por escurrimiento; se observan en esas condiciones los materiales de solifluxión de la topografía antigua cuya dirección fue dificultada por la presencia de bloques enormes dentro de ellos.

La cuenca inferior parece haber sido siempre una región de escurrimiento eficaz sobre las vertientes favorecido tanto por la litología (arcillas impermeables y erosionables) como por las características de la cobertura vegetal de densidad media en relación con la de climas más secos.

En las terrazas recientes de este sector se nota la influencia climato - geomorfológica de la cuenca media que ha suministrado los aluviones, arrastrados durante las épocas más húmedas y la influencia probable del abanico del río Coello que rellenó toda la región de Girardot, elevando el nivel del río Magdalena y del río Bogotá inferior.

- Morfodinámica Actual de la Hoya Baja

Los cambios morfológicos en la cuenca media y baja del río Bogotá, están controlados principalmente por los procesos de meteorización y erosión. El escurrimiento hídrico superficial, que es el principal proceso erosivo que actúa en el área, es favorecido por el régimen pluviométrico actuante en la región, especialmente en áreas donde se presentan intensas precipitaciones seguidas de periodos de sequía; por la deforestación o modificación de la cobertura vegetal de tal forma que se expone el suelo a la acción directa de las lluvias en pendientes topográficas y estructurales; y por la presencia de materiales litológicos poco resistentes en pendientes topográficas.

Este tipo de proceso erosivo forma, en forma progresiva, surcos superficiales concentrados que evolucionan a cárcavas.

Otro tipo de proceso erosivo es el escurrimiento hídrico hipodérmico, el cual genera diferentes tipos de remoción en masa, y afecta principalmente materiales poco cohesionados que están sobre una pendiente topográfica, en este caso las terrazas, compuestas por niveles calcáreos intercalados con arcillolitas y mantos de ceniza volcánica.

- Inestabilidad y Riesgo Geológico en la Hoya Baja

En la hoya baja del río Bogotá los riesgos geológicos consisten principalmente en el desplazamiento de grandes masas de material rocoso y suelo, etc., pendiente (abajo).

Los factores que favorecen este evento son:

- ⇒ La discordancia de las terrazas altas (cuerpos cuaternarios) con las unidades cretácicas sobre las que suprayacen; es una interfase que geomecánicamente genera superficies de deslizamiento. Este es pues un factor de inestabilidad y riesgo para las poblaciones de La Mesa y Anolaima principalmente.
- ⇒ La presencia de fallas cuyo mecanismo liberan gran cantidad de energía, origen de muchos eventos sísmicos. El mayor riesgo por el factor de fallamiento lo presenta la población de Anolaima; al oriente de Anolaima la carretera presenta un tramo inestable con movimientos en masa asociados a la falla que por allí corre.

⇒ Las áreas con presencia de litologías lutíticas y arcillolitas e intercalaciones con areniscas y calizas debido a la erosión diferencial forma salientes que por la gravedad produce movimientos de masa. Igual sucede con el socavamiento del talud.

Las corrientes de agua producen un socavamiento lateral de terrazas o taludes que generan inestabilidad cuando se encuentran sobre una pendiente topográfica o estructural.

1.4. SISMOLOGIA

Es evidente que la Cordillera Oriental ha sufrido importantes movimientos tectónicos desde el período Cretáceo hasta el Cuaternario ligados a los procesos orogénicos que determinaron el levantamiento de la misma y la formación de su compleja estructura. Esta misma actividad tectónica es la responsable de una sucesión de procesos de degradación de la cordillera conduciendo a la conformación de depósitos y plegamientos de las diversas formaciones sedimentarias. Es igualmente cierto que los fenómenos de erosión y sedimentación que se presentan en el cuaternario no están únicamente dependiendo de los períodos glaciales, interglaciares y actividad volcánica.

En la cuenca alta del río Bogotá existe un buen número de fallas en los dos flancos cordilleranos que bordean la planicie. En el costado occidental sobresalen las fallas de Zipacón, Subachoque, Zipaquirá, Tausa y Nemocón, que se proyectan en dirección norte - sur y que según sus diferentes posiciones marcan el contacto entre los diversos grupos litológicos, areniscas y arcillas bajo diversos grados de disección o alteración.

En el costado oriental el fallamiento está relacionado principalmente con las fallas de Teusacá - La Calera, Chocontá y Siecha - Villapinzón, que igualmente están señalando cambios litoestructurales del cretáceo, terciario y cuaternario.

De otra parte, es preciso observar que los sistemas de fallamiento presentes no muestran rasgos nítidos que conduzcan a deducir actividad reciente. Sin embargo, es probable que algunos fenómenos de erosión presentes y la presencia de depósitos enmascaren indicios de una actividad tectónica reciente.

1.4.1. Clasificación Sísmica de la Sabana de Bogotá

Como parte de las actividades que se desarrollaron para la expedición del Código Colombiano de Construcciones Sismoresistentes, se elaboró una zonificación general del territorio colombiano, el cual quedó dividido en tres grandes categorías de acuerdo con niveles de riesgo sísmico alto, intermedio y bajo. En la primera categoría se incluye toda la Zona del Pacífico; en la segunda, la Zona Andina; y en la tercera, los Llanos Orientales, la Amazonía, y la Costa Atlántica.

De acuerdo con lo anterior, la Sabana de Bogotá y en general la Cordillera Oriental hacen parte de la región de riesgo sísmico intermedio.

1.4.2. Caracterización Sísmica del Area de Estudio

Debido a su escaso fallamiento, a la distancia relativa que guarda de suturas de terrenos u otras fallas y estructuras regionales, y a la ausencia de magmatismo volcánico o plutónico en su basamento, la Sabana de Bogotá es prácticamente asísmica, entendiéndose por ello que no genera sismos de consideración; dicho de otra manera, no es epicentro de actividad sísmica importante.

Esto no quiere decir que no sea vulnerable a la amenaza sísmica. Esta actúa ya sea porque la región potencialmente afectada sea epicentro de un sismo (no es el caso de la Sabana) o porque dicha región perciba y sea afectada por la energía liberada en un epicentro distante.

En buena parte la respuesta sísmica de una región o su vulnerabilidad a este tipo de fenómenos, depende de las características de las formaciones geológicas superficiales. La Sabana de Bogotá posee unas formaciones con basamento rígido, pero de pobre desempeño frente a las ondas sísmicas.

Esto se debe a que los materiales no poseen la compactación y resistencia necesarias para conservar su estructura sin deformarse; y éste último es justamente lo que sucede. Con el paso de la energía liberada en un sismo, las formaciones no consolidadas de carácter arcilloso, se deforman plásticamente, afectando seriamente las edificaciones y la infraestructura física en general. Esta es la situación en que se encuentran las áreas del estudio que corresponden a la planta de tratamiento y al corredor que la une con el sitio de disposición de lodos. En relación con éste, y por tratarse de una zona cuyas formaciones geológicas superficiales son unidades antiguas muy compactas y consolidadas, cuya deformación plástica es casi nula, la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones es muy baja, siempre y cuando se cimenten adecuadamente.

En síntesis, las características de las áreas de interés del proyecto localizadas sobre la Formación Sabana o cualquiera otra de las formaciones geológicas superficiales del Pleistoceno, hacen que estos terrenos se comporten débilmente frente a la amenaza sísmica local o regional, lo que los eleva de la categoría de riesgo sísmico intermedio a riesgo sísmico alto.

Por su parte, la zona correspondiente a la disposición final de los lodos (relleno sanitario) corresponde por sus características a una zona de riesgo sísmico bajo, siempre y cuando se cimenten las edificaciones en los estratos consolidados.

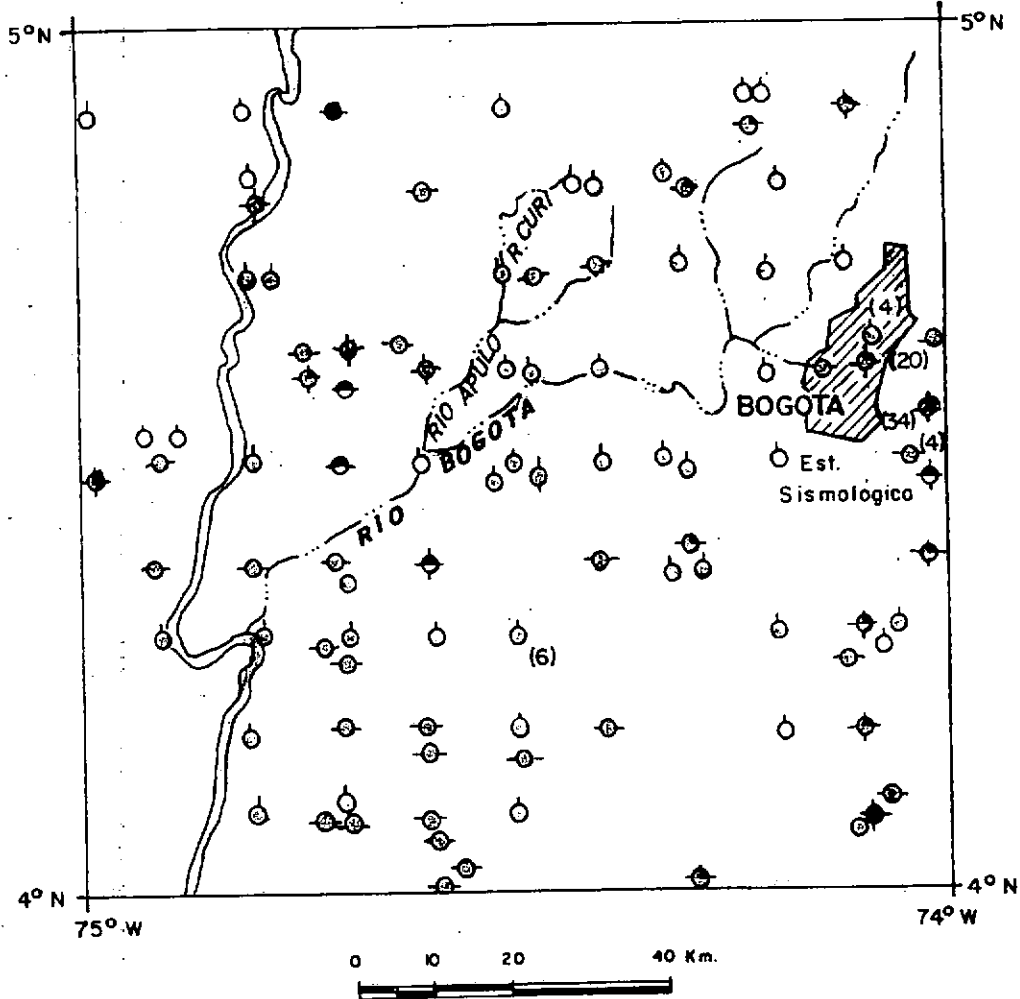
Sin embargo, es necesario aclarar que se requiere de información más detallada, para lo cual es necesario efectuar estudios puntuales de microsísmica que permitan determinar con exactitud el comportamiento individual de cada una de las formaciones geológicas superficiales existentes, con el propósito de disponer de datos cuantitativos acerca de sus características físico-mecánicas y su comportamiento sísmico.

Este tipo de estudios contribuirá a reducir significativamente los costos a partir del diseño estructural apropiado de las edificaciones proyectadas, y permitirán además puntualizar cada vez más el conocimiento que se tiene sobre el comportamiento sísmico de la Sabana de Bogotá.

1.4.3. Sismología de la Hoya Baja

El mapa sísmico de Colombia, señala que una cuarta parte de los epicentros sísmicos están ubicados en la región volcánica de la cordillera central y aunque la hoya del río Bogotá no presenta focos volcánicos, la presencia de depósitos piroclásticos procedentes del complejo volcánico Ruiz - Tolima, permite incluir dicha área dentro de la zona de influencia volcánica, relacionada con eventos de gran magnitud, sucedidos en un pasado geológico cercano.

El área de la cuenca presenta una densidad de epicentros de temblores relativamente baja, sin embargo esto no descarta la posibilidad que movimientos sísmicos con epicentros fuera del área, sean factores de movimientos en masa (**Figura No. 1.11**).



CONVENCIONES

MAGNITUD \ PROFUNDIDAD	M < 3.0	3.0 - 3.9	4.0 - 4.9
DESCONOCIDA	○	⊗	◆
< 70 Km.	●	⊙	◆
70 - 140 Km.	⊖	⊙	◆
> 140 Km.	●	●	◆

Fuente : INGETEC (1970)

NOTA: Los números entre paréntesis indican la cantidad de eventos con características similares ocurridos en el mismo lugar.

Otro punto para tener en cuenta, es el hecho de que la mayoría de los sismos, en Colombia están relacionados con factores tectónicos⁶, lo que obliga siempre a tener en cuenta los sistemas de fallas que afectan el área.

1.5. GEOTECNIA

Las condiciones geotécnicas de una región están determinadas en general por:

- La pendiente del terreno
- La geomorfología
- Las formaciones geológicas superficiales
- El fallamiento y las estructuras geológicas
- Las acciones antrópicas

Todo esto hace que se altere de una u otra forma la estabilidad relativa de un terreno en particular, de acuerdo con la magnitud e importancia relativa que cada uno de estos factores tiene sobre los demás en un sitio específico.

El análisis de la geotecnia para las áreas de interés del proyecto, se hizo con base en estos parámetros, encontrándose los siguientes aspectos que se destacan:

1.5.1. Geotecnia de la Sabana de Bogotá

El elemento geológico predominante en la Sabana es el plegamiento, siendo menos importante los sobreescurrecimientos y las fallas. Los plegamientos son intensos y las inversiones hacia el occidente y el oriente son frecuentes. Estratigráficamente la Sabana de Bogotá está formada por la deposición de sedimentos, a partir del Terciario Inferior (63 millones de años) dentro de un sinclinal, siendo los estratos superficiales más comunes los correspondientes al Pleistoceno y el Plioceno.

Los suelos de la Sabana de Bogotá están constituidos por sedimentos predominantemente finos, provenientes en parte de la erosión misma de los estratos superiores de la Formación Sabana y en parte de la meteorización y arrastre de materiales litológicos de los cerros circundantes. En términos estratégicos, de los suelos provienen de detritos de las formaciones arcillosas y gredosas de las Formaciones Bogotá y Guaduas y del conjunto arenoso del Guadalupe Superior. En el valle de Tunjuelo los suelos provienen del Usme, Tilatá y del Cuaternario.

⁶ RAMIREZ, J. E. Historia de los Terremotos en Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Segunda Edición. Bogotá. 1995.

Como buena parte de la Sabana de Bogotá se encuentra sobre la unidad geomorfológica de llanura aluvial, que presenta pendientes muy pequeñas con valores que oscilan entre 0 y 3%, estos dos factores tienen un peso específico muy bajo dentro del análisis de la estabilidad relativa de las zonas involucradas en el estudio. Solamente para la zona del relleno sanitario de lodos, en cercanías de Mondoñedo, es posible involucrar la pendiente y la geomorfología en el análisis geotécnico.

El fallamiento de la Sabana es muy reducido, y ha sido parcialmente cubierto por los depósitos no consolidados del Cuaternario, que han dejado como fruto de su actividad las corrientes hídricas existentes y los procesos lacustres, fluviales y fluvio - glaciares ocurridos en la Sabana desde hace unos 2 millones de años.

La zona, aunque regionalmente presenta fuerte tectonismo evidenciado en sobreescurrecimientos, cabalgamientos y abundantes pliegues, no presenta fallamiento activo notorio. Por esta razón, la estabilidad de los terrenos en un amplio sector del occidente de Santa Fe de Bogotá es relativamente buena.

Sin embargo, el acelerado proceso de poblamiento del Distrito Capital, que ha ocasionado el desarrollo de un gran número de urbanizaciones piratas, ha hecho que muchas veces se construya sin atender las condiciones de estabilidad relativa de los terrenos, y sin estudios de la capacidad portante de los suelos y de la composición física y química de los mismos.

En 1985, el Instituto Nacional de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química - INGEOMINAS, realizó con profesionales a su cargo una zonificación de geotecnia del Distrito, la cual redefinió algunas zonas como de alto y muy alto riesgo, pero en general ratificó las buenas condiciones de estabilidad relativa que presentan las formaciones geológicas superficiales de la Sabana.

Pese a ello, en gran parte de la Sabana, los suelos son de gran espesor, especialmente el primer horizonte, rico en materia orgánica, de poca capacidad portante, y de alta porosidad y compresividad. Este tipo de unidades suelen generarse como producto de la desintegración de depósitos lacustres y fluvio - glaciares recientes, y como se dijo antes, los de la Sabana son del Pleistoceno (2 a 3 millones de años).

Esta situación ha ocasionado un aumento en el costo de las construcciones, debido a que sus fundaciones deben ser un poco más profundas que en otras regiones, para alcanzar un estrato portante. Aunque es de rara ocurrencia, se han documentado algunos colapsamientos de edificaciones antiguas en varios sectores de la Sabana de Bogotá, debido a la omisión de medidas geotécnicas tendientes a resolver esta dificultad en los suelos.

Así mismo, en algunas áreas se ha podido establecer que el deterioro en la red vial se debe a problemas de compactación de base y sub - base, ocasionados por las malas condiciones geotécnicas del primer horizonte en los suelos de la Sabana.

Esta es sin lugar a dudas la mayor restricción geotécnica de las áreas de estudio, especialmente en las zonas de construcción de las plantas de tratamiento y en los corredores que unen éstas con los sitios de disposición de lodos, por tratarse de zonas regionalmente planas y que geomorfológicamente corresponden a la unidad conocida como llanura aluvial.

Debe tenerse entonces especial cuidado mediante el estudio detallado de los suelos, elaborando ensayos de compresión, y otro tipo de pruebas tanto físicas como químicas, que permitan asegurarse de las condiciones de cimentación de las estructuras que se construyan en las dos zonas mencionadas.

En lo que respecta a las zonas de disposición de lodos (rellenos sanitarios), es notorio el desarrollo de cicatrices, surcos, y cárcavas erosivas producidas por la acción de la lluvia sobre el estrato superior; estas estructuras alcanzan la mayoría de las veces 1 m de profundidad por menos de 1 m de ancho, su longitud es variable y depende de la pendiente del terreno y de la extensión de la ladera donde se desarrollen. Su formación se aduce tanto a la friabilidad y denudación del material parental como a las condiciones climáticas de escasa precipitación, y elevada evapotranspiración potencial y brillo solar, que hacen árido el clima de esta zona.

- Características Geotécnicas de los Sitios de Ubicación de las Plantas de Tratamiento

Con el fin de analizar las características de los terrenos en donde se ubicarán las plantas de tratamiento de El Salitre, Fucha y Tunjuelo, en cuanto a sus condiciones geotécnicas, se han hecho sondeos por parte de Hidroestudios - Black and Veatch y Gómez Cajiao y Asociados. Los resultados de dichos sondeos muestran lo siguiente:

- ◊ **Salitre:** El nivel freático se encuentra a 1 m de la superficie, hasta una profundidad de 4 m predomina la arcilla lluviosa y arenosa y en menor cantidad el limo arenoso con una humedad del 40%, un peso unitario de $1,5 \text{ t/m}^3$ y una resistencia a la compresión inconfiada de $0,5 \text{ kg/m}^2$.

Entre los 4 y los 9 m, predomina la arena fina gris con un peso unitario de $1,3 \text{ t/m}^3$, un límite plástico de 45% y un límite líquido de 100%.

Entre los 9 y los 15 m de profundidad, el suelo está compuesto por arcilla limosa con un peso unitario de $1,2 \text{ t/m}^3$, y una resistencia a la compresión inconfiada de $0,75 \text{ kg/m}^2$.

- ◊ **Fucha:** El nivel freático se encuentra a 2,5 m de profundidad. los dos primeros metros de suelo están compuestos por limo arcilloso. Entre 2 y 4,5 m predomina la arcilla limosa gris con un peso unitario de $1,8 \text{ t/m}^3$, una resistencia a la compresión inconfiada de $0,8 \text{ kg/m}^2$, un límite líquido de 40% y límite plástico entre 50 y 100%.

Entre 4,5 y 7 m, el suelo está compuesto por limo arenoso y arena fina, y entre 7 y 20 m de profundidad, existe un estrato de arcillas limosas con una resistencia a la compresión inconfiada de aproximadamente $0,6 \text{ kg/m}^2$, un peso unitario de $1,2 \text{ t/m}^3$, un límite líquido de 120% y un límite plástico de 50%.

La clasificación USC del suelo es CH, HH y MH.

- ◊ **Tunjuelo:** El suelo en esta zona corresponde principalmente a una arcilla limosa gris a gris carmelita, con humedad y compresibilidad bajas en moderadas y ocasionalmente medias, plasticidad alta a muy alta y consistencia firme a dura. Localmente puede presentar trazas a algo de arena.

La clasificación simplificada de este estrato es:

Clasificación USC	=	CH, CH - MH , MH - CH
Humedad natural	=	19 - 35 23 - 53
Límite líquido (1%)	=	25 - 49 50 - 7
Índice de plasticidad (%)	=	7- 24 23 - 41
Resistencia al corte no drenada corregida por AZZOUZ (kg/m^2)	=	0,6 - 2,5 0,78 - 2,57
Peso unitario total (t/m^3)	=	1,84 - 2,03 1,61 - 1,85
Porcentaje de finos (%)	=	74 - 100 100

A nivel local, se presentan en este sector, bolsas de material de fondo de río, compuestos por limo arcilloso gris oscuro y limo orgánico con olor a pantano, humedad y compresibilidad entre moderadas y medias, plasticidad entre media y alta, y consistencia entre media y firme.

1.5.2. Geotecnia de la Hoya Baja

El comportamiento de las condiciones mecánicas de estabilidad y por consiguiente de morfología del terreno, depende de los procesos geomorfodinámicos actuantes, del material litológico presente en superficie, y la disposición estructural de las rocas.

Las unidades morfológicas locales se determinan de acuerdo a la susceptibilidad a la erosión de cada una de las unidades litológicas aflorantes en el área. En la cuenca baja y media el agua es el principal agente de la meteorización que controla los procesos de hidrólisis e hidratación que son básicamente los procesos que alteran la roca. El clima de la región favorece la presencia de agua y los procesos erosivos.

Entonces, el comportamiento de los diferentes grupos litológicos es (**Cuadro No. 1.5**):

CUADRO No. 1.5 - Erodabilidad Relativa

MAYOR RESISTENCIA	Areniscas Cuarcíticas	Formación Arenisca Dura Formación Arenisca de Labor Formación Arenisca Tierna
FORMACIONES	Finogranulares Silíceas	Formación Hiló Formación Plaeners Grupo Olini Formación La Frontera
DIFERENCIAL DE LAS LITOLOGIAS	Areniscas Calcáreas	Formación Sócota Formación Trincheras
DIFERENCIAL DE LAS LITOLOGIAS	Calizas	Formación Trincheras Formación La Frontera Formación Sócota
ERODABILIDAD RELATIVA	Finogranulares Shales	Formación Sócota Formación La Frontera Formación Trincheras Formación Hiló Grupo Olini
ERODABILIDAD RELATIVA	Ruditas	Q ₂ Q ₁ Q ₀
MENOR RESISTENCIA	Material Volcánico	

- Areniscas Cuarcíticas

Formaciones, Arenisca Dura, Arenisca de Labor y Arenisca Tierna, litología de gran resistencia, topografía de fuertes escarpes verticalizados; el tipo de proceso erosivo que las afecta es tectónico, el sistema de fallas que las afecta

les confiere un drenaje paralelo con cauces cortos, Valles en V o angulares, desarrollan rápidos de corrientes, el tipo de movimientos de masa que origina riesgo geológico son caídas de bloques (**Figura No. 1.12**).

Se localizan en las partes altas de la cuenca y constituye la línea de interfluvio o divisoria de aguas, y separa la cuenca de la Sabana de Bogotá.

- Finogranulares Silíceas

Formación Hiló, Formación Frontera; son litologías de grano fino, fuertemente facturada presenta dos expresiones morfológicas:

- ◊ **Formación Hiló y Grupo Olini:** Originan riscos empinados y cumbres con cimas redondeadas.
- ◊ **Formación Plaenner:** Son rocas más competentes, originan una morfología más suave.

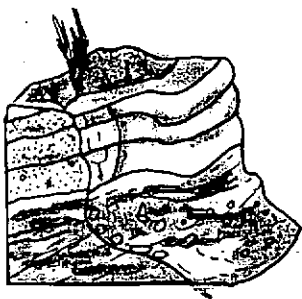
El drenaje tiene un patron subparalelo, desembocando en forma rectangular al recolector principal. El tipo de movimiento de masas que presenta son deslizamientos planos de roca asociados o vertientes anticlinales.

- Areniscas Calcáreas

Formación Sókota y Formación Trinchera, la asociación de capas de arenisca cuarcíticas y arcillolitas, proporciona un contraste morfológico por erosión diferencial, el tipo de movimientos masa son deslizamientos rotacionales de roca.

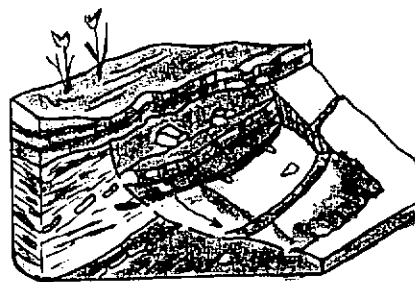
- Calizas

Formación Trincheras, Formación Fronteras y Formación Sókota, la disolución calcárea forma lapias, constituyendo una zona de infiltración subterránea de aguas atmosféricas; su topografía es variable controlada por las estructuras que la afectan, en algunos casos son altos topográficos como en el anticlinal del Alto de las Flores. En las áreas donde presenta riesgo geológico, éste es como deslizamiento rotacional de roca.



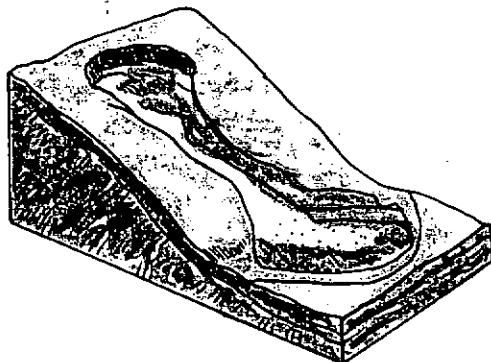
A CAIDA DE ROCA

Ocurre principalmente en el paredón que forma el grupo Guadalupe en el N.E de La Cuenca



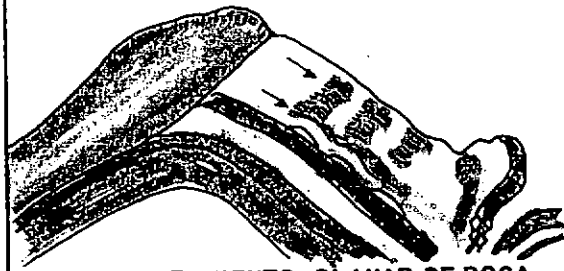
B DESLIZAMIENTO ROTACIONAL DE ROCA

Ocurre al N.W. de San Joaquín afectando litologías de la formación Sácota



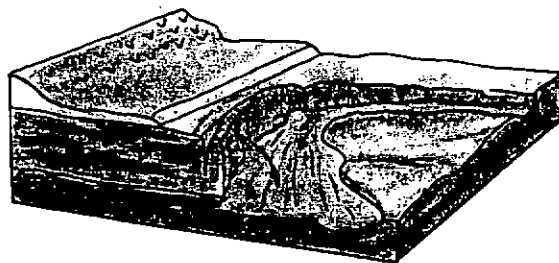
C. FLUJO

Evento superficial observable al N. de San Javier



D. DESLIZAMIENTO PLANAR DE ROCA

Asociado a vertientes del anticlinal Alto de Flores



E. VOLCAMIENTO DE ESCOMBROS

Asociado al socavamiento lateral del Río Bogotá. En la terraza de La Mesa un síntoma evidente de riesgo para la población.



ALCALDIA MAYOR
SACIA F. DE BOGOTÁ D.C.



DEPARTAMENTO TÉCNICO
ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

TIPO DE MOVIMIENTO EN MASA

1.12

- Finogranulares Shale

Formación Sócota, Formación Frontera, Formación Trincheras, Formación Hiló, Grupo Olini. Conjuntos fácilmente erosionables y cuando son dominantes presentan un relieve suave.

La fisurabilidad propia de esta litología permite la infiltración de aguas, alterando en consecuencia las condiciones mecánicas de la roca y aumentando por tanto la inestabilidad de las vertientes.

En superficies inclinadas aflorantes son fácilmente alteradas (por las condiciones de humedad y climáticas), produciendo procesos hidrogravitacionales y de escurrimiento superficial o formando localmente surcos y cárcavas.

Cuando se presentan infrayaciendo litologías más competentes (areniscas cuarcíticas), debido a su impermeabilidad generan un plano de deslizamientos o de fluido del agua, lo que genera un factor de inestabilidad de las vertientes.

El patrón de drenaje característico es dendrítico, y debido a que se encuentra intercalado con litologías más competentes, forma valles de tipo ortoclinal, formando patrones de drenaje subparalelo.

- Ruditas o Depósitos Cuaternarios (Q_2 , Q_1 , Q_0)

Superficies relativamente planas, formando divisorias de agua tabulares, los depósitos (Q_2), tienen una posición estructural desfavorable para su conservación. Su alta porosidad permite que la lixiviación de hierro (posible segmentante) deteriore la poca resistencia mecánica de estos depósitos.

En las terrazas altas y medias, las corrientes superficiales las ha disectado totalmente y las condiciones mecánicas de este material favorece procesos de remoción en masa.

1.6. GEOLOGIA ECONOMICA

El potencial económico de los recursos minerales de la cuenca del río Bogotá (área de estudio) ha sido poco estudiada, aunque en la actualidad existen algunas explotaciones mineras, hay que destacar que de la mayoría de los minerales solo se conocen manifestaciones que merecen ser estudiadas por su indiscutible interés comercial.

Los minerales sobre los cuales, se conocen manifestaciones o yacimientos en el área de influencia son los siguientes:

- Arcillas

Se explota en la Sabana de Bogotá a partir de las formaciones la Sabana y Tilatata, en donde existen reservas en arcilla, caolín y arcilla grasa. También existen reservas explotables en el área de Mondoñedo y en la vía de Girardot a Tocaima.

- Asfalto

En el municipio de Anapoima, se han manifestado yacimientos de asfaltos en las localidades de Naranjal y Pantanos.

- Azufre

En la región de Andorra, del municipio de Tocaima, existen depósitos de azufre en grietas con un volumen aceptable para el comercio; y existen fuentes sulfurosas en la quebrada Chupadero de este mismo municipio, y en las afueras de la población de Agua de Dios.

- Caliza

El carbonato de calcio, se manifiesta en la región en forma de piedra de cal en Anolaima, y en forma de caliza encontramos en San Antonio de Tena (corregimiento de Pradilla, quebrada Malocha y quebrada El Caimán), en Tena (región de Guadalupe), en la región Tena - La Mesa y en Tocaima (calizas del Alto del Zurro en la región de Apulo).

- Carbón

Se manifiesta en :

- ◇ **Girardot:** Minas de Diamante y Pubenza
- ◇ **La Mesa:** Antracita en el sinclinal que forma la cuenca que viene desde Jerusalén.
- ◇ **Tocaima:** En la finca La Salada y en las minas Virginia, Tocaima, Totumo y Lorena, Segovia, minas Bizcocho, el Salitre y Mina Nueva.

- Diatomita

Se presentan afloramientos que comprenden una gran área, en el municipio de Tena, en la región de La Fragua y el municipio de Mosquera en el área de la laguna de La Herrera.

- Feldespatos

Existen yacimientos al sur de la laguna de La Herrera y en la finca Mondoñedo.

- Fosfatos

Se encuentran capas fosfáticas en la carretera Girardot - Nariño y en la localidad la Sierra del municipio de Quipile.

- Fuentes Termales

En Anapoima existen fuentes minerales, cerca del poblado a una elevación de 670 msnm.

En Apulo brotan fuentes sulfurosas con magnesio y hierro en la finca Paloque-mao a 480 msnm. Otras fuentes son en el corregimiento de Ricaurte y en varios sitios del municipio de Tocaima.

- Hierro

Existen afloramientos ferruginosos en los alrededores de Ricaurte.

- Oro en Filones

Se ha presentado manifestaciones de oro mezclado con sulfuros en el municipio de Viotá.

- Piedras Preciosas

En el paraje el Diamante del municipio de Anolaima, se han presentado manifestaciones de diamantes, hallazgos de esmeraldas en la hacienda el Diamante y Colombia del municipio de San Antonio de Tena y en Tena se han presentado manifestaciones de circón.

- Plomo

Se han presentado manifestaciones en los municipios de Anapoima, Anolaima y San Antonio de Tena.

- Uranio

En Tocaima se ha realizado reconocimiento con anomalías favorables en rocas sedimentarias de ambiente fluvial - deltáico.

- Yeso

Filones de yeso se encuentran en Apulo, Girardot (en Barzalosa, Pubenza y paraje Guavial), La Mesa (en San Joaquín) y Tocaima (hacienda Andarra y Guadalito).

1.7. SUELOS

Para los fines del diagnóstico físico regional de la zona comprendida en el presente estudio, se ha elaborado un análisis del recurso de carácter general, desarrollándose una clasificación y mapificación a nivel de asociaciones o grandes unidades de suelos que permite evaluar sus principales características fisicoquímicas y definir su aptitud de uso y manejo a nivel regional.

El análisis interpretativo está basado en los diversos estudios existentes tanto en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, como en aspectos de especial aplicación al estudio. A partir de esto, se realizó una cartografía temática específica para la zona de estudio. En este mapa mediante diagramas explicativos se sintetizan los acondicionamientos o características de cada una de las unidades dominantes.

De otra parte, el análisis de aptitud de uso de tierras está fundamentado en el sistema de clases agrológicas del IGAC, el cual agrupa los suelos en clases considerando las limitaciones que pueden presentarse para su utilización en agricultura, ganadería o actividades forestales con base en las propiedades intrínsecas de los suelos de un clima determinado, las cuales varían a su vez según las condiciones de clima, erosión o humedad excesiva. Teniendo en cuenta estos criterios las clases se han agrupado, según su aptitud y capacidad productiva como se muestra en el **Cuadro No. 1.6**.

La convención cartográfica utilizada para cada unidad está formada por un quebrado, cuyo numerador presenta dos letras mayúsculas que indican las iniciales del nombre regional del suelo; seguidas de una o dos minúsculas y de un número referido a las fases por pendiente, pedregosidad y erosión. En el denominador aparece un número romano seguido de una o varias letras minúsculas que indican la clase o subclase de aptitud.

Los rangos de pendiente y erosión utilizados son los siguientes:

CUADRO No. 1.6 - Clases Agrológicas

CLASES AGROLOGICAS	APTITUD DE LAS TIERRAS	CAPACIDAD PRODUCTIVA
I - II	Agrícolas de uso intensivo con pocas limitaciones	Muy alta a alta
III - IV	Agropecuarias de uso semi - intensivo, con limitaciones moderadas.	Media a alta
V - VI	Agropecuarias (pastos y cultivos permanentes), con limitaciones severas	Media a baja
VII	Forestales (Productoras o productoras / protectoras) o tierras protectoras -	Baja
VIII	Marginales con valor paisajístico o que requieran de recuperación por su alto deterioro.	Muy baja a nula

PENDIENTE (%)

a	=	0 - 3
b	=	3 - 7
c	=	7 - 12
d	=	12 - 25
t	=	> 50%

CLASE DE EROSION

1	=	Ligera
2	=	Moderada
3	=	Severa
4	=	Muy severa

1.7.1. Suelos de la Sabana de Bogotá**1.7.1.1. Caracterización de Suelos**

A continuación se describen las principales unidades de suelos dominantes en la Sabana determinándose por posiciones fisiográficas sus principales características (**Figura No. 1.13 y Cuadro No. 1.7**).

- **Suelos de Clima Frío Seco en Ladera de Montaña**

La faja climática de suelos de clima frío seco corresponde con la zona de vida de bosque seco montano bajo (bs-MB) (Holdridge) y ocupa una amplia región en la Sabana de Bogotá. Desde el punto de vista geomorfológico se distinguen en este piso climático las siguientes formas: Laderas de relieves quebrados a escarpados; planicies fluviolacustres, valles estrechos y terrazas lacustres, con dominancia de relieves planos. El material parental es de origen sedimentario (lutitas, areniscas,

CUADRO No. 1.7 - Caracterización General de Suelos en la Hoya Alta del Río Bogotá

Pliso Térmico	Material Parental	Clasificación de la Pendiente	Procesos Geomorfológicos Actuales	Características y Propiedades de los Suelos	Clasificación Agrológica y Unidad de Capacidad	Unidades Cartográficas Generales
Frío húmedo	Arcillas	Plano a ondulado	Acumulación	Tropicales, no evolucionados, pobremente drenados, moderadamente profundos a superficiales	III hsc-2 V hsc-1	RB
Frío seco	Cenizas volcánicas sobre arcillas	Plano ligeramente plano	Acumulación	Drenaje imperfecto a moderado, moderadamente profundos, textura franco-arcillosa	II hc-1	MQ MO
Frío	Cenizas volcánicas sobre arcillas	Plano ligeramente plano	Acumulación	Profundos, bien drenados, textura franco a franco-arcillosa	II c-1	TB GA
Frío	Arcillas y arenas aluviales	Plano	Acumulación	Moderadamente profundos a profundos, encharcables, pobremente drenados	III hsc-1	AL AY CU (AL-AY-PV)
Frío	Coluviones de areniscas y esquistos	Ligeramente inclinados a inclinados	Escurrimiento y erosión	Moderado a severamente erosionado, bien drenados	VII esc-1	BS BO
Frío	Coluviones de areniscas y lutitas	Ligeramente plano a ligeramente inclinado	Erosión ligera a severa	Moderado a severamente erosionado, superficiales, bien a excesivamente drenados	VI sec-1	MD BO
Frío	Lutitas y esquistos arcillosos	Quebrado a fuertemente quebrado	Erosión moderada a severa	Excesivamente drenados, superficiales	VIII	BJ
Frío		Escarpados	Erosión severa	Uso para extracción de arena y piedra	VIIIe	ME ER
Frío húmedo	Cenizas volcánicas	Plano	Acumulación	Moderadamente profundos, bien drenados, textura franco-limoso	II hc I	MO FU FZ

Fuente: IGAC: Estudio General y Detallado de Suelos de los Municipios de Cota, Funza, Mosquera y parte de Madrid. 1977. Bogotá

arcillas lacustres y aportes aluviales), con algunos sectores recubiertos por cenizas volcánicas.

Estas tierras están siendo utilizadas intensivamente, por lo regular con una adecuada tecnificación de las actividades agropecuarias. En laderas de montaña se encuentran las siguientes unidades:

- ◊ **Unidad Sopó (SO):** Se localiza especialmente sobre el costado sur del embalse de Tominé y en las zonas alta y baja de la subcuenca del río Checua, en relieves ligeros a fuertemente ondulados; sus pendientes no exceden del 50% pero pueden presentarse escasos sectores de planos a ligeramente inclinados.

- ◊ **Unidad Bojacá (BO):** Distribuida en la región de Mondoñedo en relieve quebrados a escarpados, con pendientes predominantes que llegan a ser mayores del 50%. El grado de erosión es severo; su origen es de lutitas y areniscas. Se destaca que corresponde a los suelos que bordean el valle del sitio de disposición de lodos de Mondoñedo.

Son suelos superficiales, limitados por horizontes argílicos (arcillosos) y sódicos como también por roca dura y coherente, son bien drenados y afectados por erosión moderada a severa. Presentan colores pardo a pardo oscuro en horizontes superiores y pardo pálido amarillo rojizo en los inferiores; son de texturas medias a finas, reacción medianamente ácida y alcalina. Igualmente su uso está restringido por las escasas precipitaciones en el área.

Taxónomicamente pertenecen a los grandes grupos Haplustalf Ustorthent.

- Suelos de Clima Frio Seco en Terrazas Lacustres

Son formas planas, en varios niveles, de origen lacustre, parcialmente recubiertas por cenizas volcánicas. Se diferencian tres unidades bien características:

- ◊ **Unidad Gachancipá (GA):** La unidad de suelos que es referenciada, es conocida en otros estudios como Techo - Gachancipá. Se encuentra en algunos sectores del municipio de Soacha.

Estos suelos están ocupando el nivel más alto de las terrazas y están en contacto con zonas de laderas. Se ubican sobre relieves planos con pendientes menores de 3%. Se originan de arcillas lacustres. Son superficiales a moderadamente profundos, bien drenados, de texturas finas, con alta saturación de bases. La profundidad efectiva está limitada

por la presencia de horizontes arcillosos negros impermeables. Corresponden a los grandes grupos Haplustalf y Ustropet.

Son suelos dedicados a la agricultura y la ganadería. En ellos se ubican algunos cultivos de flores.

Mediante la utilización de riego, estos suelos son aptos para cultivos de raíces poco profundas (trigo, cebada), y según las limitaciones se les clasifica en las clases IIs y IIIs.

- ◊ **Unidad Funza (FU):** Igualmente conocida en otros trabajos como Bermeo - Cota y Zipaquirá - Corzo; se localiza principalmente en sectores de los municipios de Chía, Cajicá, Madrid, Funza, Engativá y Facatativá.

Ocupa los sectores más bajos de las terrazas lacustres en relieves planos y se han originado a partir de cenizas volcánicas que se depositan sobre arcillas lacustres. Aunque las áreas donde se ubican estos suelos presentan baja precipitación, ésto no se evidencia en los suelos, ni se refleja en los cultivos debido a la alta capacidad de retención de humedad que tienen los suelos desarrollados a partir de cenizas volcánicas.

Gran parte de la agricultura tecnificada establecida en la Sabana se lleva a cabo en estos suelos, debiéndose resaltar especialmente que el mayor porcentaje de cultivo de flores se ubica en esta unidad.

Son muy profundos a moderadamente profundos, ricos en materia orgánica y en materiales amorfos; son de muy baja densidad aparente y pobres en fósforo, presentando colores negro y pardo muy oscuro en los primeros horizontes y pardo grisáceo con moteos pardo amarillento y negros (horizontes sepultados) en los horizontes inferiores; sus texturas son medias a finas. Taxonómicamente corresponden al gran grupo de los Dystrandept.

A esta unidad de suelos se le clasifica según su aptitud de uso y manejo en las clases I y IIs.

- ◊ **Unidad Mosquera - Tibaitatá (MO):** Se localiza especialmente en un sector de los municipios de Mosquera, Funza, Fontibón y margen derecha, aguas abajo del río Bogotá.

Corresponde a los niveles bajos de las terrazas y se han originado a partir de cenizas volcánicas depositadas sobre arcillas lacustres.

Son de perfil ABC poligenéticos, de epipedón (horizonte superficial) de color oscuro, de complejo cambio saturado, características éstas del horizonte superior que se identifican con el concepto de epipedón mólico. El horizonte B es rico en alofana y presenta densidad baja.

Son suelos moderadamente profundos, ricos en materia orgánica, de reacción neutra a ligeramente ácida, fertilidad moderada. Corresponden a los grandes grupos Eutrupept y Humitropept.

Agrológicamente son los suelos de mejores condicionamientos físico - químicos y biológicos, clasificándoles en la clase de aptitud I.

- Suelos de Clima Frío Seco en Valles Estrechos

Corresponde a sectores planos y ligeramente cóncavos con pendientes 0 a 3% a veces hasta 7%, estando el material parental constituido por sedimentos correspondientes a aluviones de textura especialmente arcillosa.

- ◊ **Unidad Río Bogotá (RB):** Es la principal unidad que conforma estos valles estrechos y está ubicada en relieves planos con pendientes menores de 3%. En la cuenca del río Bogotá se localiza especialmente desde su parte alta (Villapinzón), márgenes del río y se extiende hasta Bosa, Mosquera y el municipio de Madrid.

Son suelos superficiales, mal drenados, de textura finas (arcillosas), ácidos, moderada fertilidad, que sufren encharcamientos y tienen un nivel freático fluctuante; el drenaje natural es pobre y la profundidad efectiva varía igualmente por la fluctuación del nivel freático entre 25 y 90 cm. La mayoría de estos suelos están sujetos a inundaciones, circunstancias que constituyen factor limitante para cultivos. Taxonómicamente se les clasifica como Tropaquept y Fluvaquent.

Están dedicados a la ganadería extensiva, con pastos mejorados; algunas áreas dedicadas a cultivos han sido adecuadas mediante obras de drenaje o de defensa contra las inundaciones.

Se les clasifica según sus limitaciones de uso y manejo dentro de las clases agrológicas IIIsh y IVsh.

- Tierras Misceláneas

Bajo esta denominación se han agrupado terrenos con severos problemas de erosión.

- Misceláneos Erosionados

Comprenden zonas afectadas por fenómenos de erosión muy avanzada, donde los suelos se han perdido casi en su totalidad (badlands), por factores naturales o antrópicos. Se les clasifica dentro de la clase VIIIe.

1.7.1.2. Evaluación de Aptitud de Tierras

Para efectos prácticos del presente estudio en el mapa del Anexo de Mapas Temáticos sobre Caracterización y Aptitud de Suelos, se han delimitado las diversas unidades o clases atendiendo la descripción presentada en los anteriores literales.

En el **Cuadro No. 1.8** se describen las clases agrológicas o de aptitud de tierras encontradas en la Sabana de Bogotá; las cuales se agrupan por aptitud principal, determinándole además a cada una de ellas sus limitaciones de uso, cultivos y prácticas de manejo recomendadas.

- Limitantes para el Aprovechamiento del Recurso

La capacidad de utilización de las tierras en la Sabana de Bogotá, así como su productividad y consecuencias están afectadas por factores de tipo climático edáfico, geomorfológico y por acción antrópica. Estos factores están relacionados especialmente con:

- ◇ **Clima y Deficiencias de Humedad:** Especialmente las bajas precipitaciones pluviales, que determinan en algunas zonas la existencia de estaciones prolongadas de sequía, afectando grandes extensiones de suelos. A esto se suman las temperaturas, asociadas con heladas, que propician una disminución significativa en los rendimientos de los cultivos y en la capacidad de las praderas:

El relieve y sus pendientes dominantes, constituyen elementos que restringen la capacidad de uso de los suelos de la región, ya sea que se trate de zonas planas, quebradas o escarpadas, limitando igualmente las posibilidades de un manejo tecnificado de la actividad.

- ◇ **Características Intrínsecas de los Suelos:** En especial la moderada a baja fertilidad y el alto grado de acidez, así como la escasa profundidad

CUADRO No. 1.8 - Aptitud de Uso y Manejo de Suelos en la Sabana de Bogotá

Grupos de Aptitud	Clases Agrológicas		Limitaciones	Cultivos Recomendados	Prácticas de Manejo
	Clase	Subclase			
Agrícolas de uso intensivo	I		Moderada disponibilidad de agua Heladas ocasionales		
Pocas limitaciones	II	IIIs	Baja disponibilidad de nutrientes Moderada disponibilidad de agua Heladas ocasionales	Cultivos temporales o permanentes de tierra fría (papa, maíz, trigo, cebada, hortalizas, flores, frutales)	Aplicación de enmiendas y fertilizantes Riego suplementario Rotación de cultivos
Agropecuaria de uso intensivo	III	IIIIs IIIsh	Baja disponibilidad de nutrientes Pedregosidad superficial Drenaje imperfecto Heladas ocasionales	Cultivos temporales o permanentes de tierra fría (cebada, papa, trigo, hortalizas, frutales) Pastos mejorados y de corte	Fertilización Rotación de cultivos y potreros Red de drenaje (control del nivel freático)
Forestales o Tierras protectoras	VII	VIIIs VIIse VIIe	Relieve y alta susceptibilidad a la erosión Estado actual erosivo Pedregosidad Baja disponibilidad de nutrientes Bajas temperaturas Ecosistema protector	Cultivos y pastos mejorados en áreas muy limitadas Cultivos forestales	Manejo silvicultural de terrenos de bosques productores Reforestación de áreas degradadas Conservación y manejo del ecosistema natural
Marginales	VIII	VIIIr VIIIe	Afloramientos rocosos Estado avanzado de la erosión	No aptas	Prácticas biológico-mecánicas de restauración y conservación de suelos

Fuente: Investigación sobre la dimensión ambiental del cultivo de flores en Colombia. ESSERE Ltda. 1991.

radicular, asociada con limitaciones por capas de roca, horizontes compactos o zonas de reducción por exceso de agua. Se presentan condiciones de mal drenaje en los suelos, especialmente en aquellas zonas que sufren encharcamientos y/o inundaciones durante las épocas de lluvia o permanecen con el nivel de aguas freáticas muy cerca de la superficie.

- ◊ **Erosión y Erodabilidad:** Identificadas con las características propias del medio natural, como litología, relieve, pendientes, lluvias y prácticas agropecuarias de manejo. Existen extensas áreas de ladera, sometidas a

un estado avanzado de erosión o en proceso activo de degradación, que demandan acciones directas de control.

- ◊ **Competencias en la Demanda del Recurso:** Originadas especialmente por la expansión de las zonas urbanas en suelos de alta calidad agrícola.

- Características de los Suelos en la Zona del Proyecto

Como parte del estudio de suelos, se tomaron muestras en las zonas del proyecto a saber, Mondoñedo, Salitre, Fucha y Tunjuelo, en los sitios en donde estarán ubicados respectivamente, el relleno de lodos y las plantas de tratamiento. Los análisis correspondientes fueron realizados en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, y los resultados se muestran en los **Cuadros Nos. 1.9, 1.10, 1.11 y 1.12**).

1.7.2. Suelos de la Hoya Baja del Río Bogotá

1.7.2.1. Caracterización de Suelos

A continuación se describen las principales unidades de suelos dominantes en la hoya baja del río Bogotá (**Figura No. 1.14 y Cuadro No. 1.13**). Se incluyen algunas unidades de la hoya alta en razón de la colindancia de las dos regiones.


- Suelos de Clima Frío

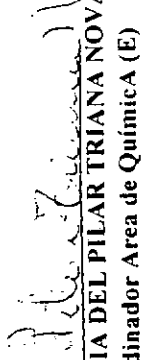
En este piso térmico se localizan los suelos de la parte más alta de esta zona de la cuenca, colindando con la Sabana o planicie fluvio-lacustre y corresponde a las zonas bioclimáticas conocidas como bosque húmedo montano bajo (bh-MB) y bosque seco montano bajo (bs-MB), en alturas comprendidas entre los 2.000 y 3.000 msnm; incluye las siguientes clases de suelos:

- ◊ **Suelos de la Planicie Fluvial Lacustre y Llanura Aluvial:** Sobre esta parte de la cuenca alta del río Bogotá, donde se inicia prácticamente el área motivo de estudio, se encuentran las siguientes unidades:
 - ◆ **Consociación Techo.-** Suelos derivados de arcillas negras lacustres, son superficiales, de textura media a fina moderadamente drenados, alcalinos sódicos y fertilidad baja.

INSTITUTO GEOGRAFICO "AGUSTIN CODAZZI"		ANALISIS DE SUELOS		F. R. C. H. A.								
SUBDIRECCION DE AGROLOGIA		COMPLETO PARA AGRICULTORES		DIA:	MES:							
LABORATORIO DE SUELOS				13	06							
				ANO	95							
DEPARTAMENTO		LOCALIZACION		NUMERO DE LABORATORIO:								
CUNDINAMARCA		MONDOÑEDO		3-15348								
MUNICIPIO:		REMITENTE:		IDENTIFICACION DE CAMPO:								
MOSQUERA		ESTUDIOS CIVILES Y SANITARIOS ESSERE LTD		E1								
IDENTIFICACION DE CAMPO	GRANULOMETRIA		CLASE TEXTURA	GRAVILLA %	pH 1:1	Ca CO3	Al me/100g	SAI %	SALINIDAD	MATERIA ORGANICA		
	% ARENA	% LIMO								% ARCILLA	CE (DS/m)	PSI
E1	24	30	46	Ar	6.8						1.67	
COMPLEJO DE CAMBIO me/100 g		ELEMENTOS MENORES (ppm)		N-NH3		N-NH4		S		FOSFORO		
CIC	Ca	Mg	K	Na	BF	Fe	Mn	Zn	Cu	ppm	ppm	ppm
19.0	6.3	4.2	2.02	1.67	14.4	75.8						12

METODOS: Textura: Bouyoucos; Al: extrac. en KCl; CE: en extracto de saturación; carbon orgánico: Walkley-black; fósforo Bray II; CIC y bases Acetato de Amonio normal y neutro; elementos menores: extrac. con DTPA; i boro disp.: agua c S extrac. en Ca(HPO4)2 0.008 M.



JIMMY FERNANDEZ LAMUS
 Jefe División Laboratorio de Suelos (E)


MARIA DEL PILAR TRIANA NOVA
 Coordinador Area de Química (E)

CUADRO No. 1.10

INSTITUTO GEOGRAFICO "AGUSTIN CODAZZI"				ANALISIS DE SUELOS				P. E. C. H. A.							
SUBDIRECCION DE AGRICULTURA				COMPLETO PARA AGRICULTORES				DIA:	MES:	ANO:					
LABORATORIO DE SUELOS				LOCALIZACION				13	06	95					
DEPARTAMENTO				LOCALIZACION				NUMERO DE LABORATORIO:							
CUNDINAMARCA				SALITRE				3-15349							
MUNICIPIO:				REMITENTE:				IDENTIFICACION DE CAMPO:							
SANTA FE DE BOGOTA				ESTUDIOS CIVILES Y SANITARIOS ESSE RE LTD				E2							
IDENTIFICACION DE CAMPO	GRANULOMETRIA			CLASE TEXTURA	CRAYUDA %	PH 1:1	Ca CO3	Al me/100g	SAT %	SALINIDAD (p/dsm)	PSI	CLASE	MATERIA ORGANICA % C.O.	% NITOTA	
	% ARENAL	% LIMO	% ARCILLA												
E2	40	28	32	FAR		7.4	++						1.70	21	
COMPLEJO DE CAMBIO me/100 g															
CIC	Ca	Mg	K	Na	BT	SB	Fe	Mn	Zn	Cu	B	N-NO3 ppm	N-NH4 ppm	S ppm	POSFORO ppm
21.3	22.7	4.1	0.81	0.25	27.9	-									

METODOS: Textura: Bouyoucos; Al: extrac. en KCl; CE: en extracto de saturación; carbon orgánico: Walkley-black; fósforo Bray II; CIC y bases Acetato de Amonio normal y neutro; elementos menores: extrac. con DTPA; ; boro disp.: agua c S extrac. en Ca(HPO4)2 0.008 M.


JIMMY FERNANDEZ LAMBS
 Jefe División Laboratorio de Suelos (E)


MARIA DEL PILAR TRIANA NOVA
 Coordinador Area de Química (E)

CUADRO No. 1.11

INSTITUTO GEOGRAFICO "AGUSTIN CODAZZI"		ANALISIS DE SUELOS										FECHA		
SUBDIRECCION DE AGROLOGIA		COMPLETO PARA AGRICULTORES										DIA:	MES:	AÑO
LABORATORIO DE SUELOS												13	06	95
DEPARTAMENTO		LOCALIZACION										NUMERO DE LABORATORIO:		
CUNDINAMARCA		FUCHA										3-15421		
MONICPIO:		REMITENTE:										IDENTIFICACION DE CAMPO:		
SANTAFE DE BOGOTA		ESTUDIOS CIVILES Y SANITARIOS ESSERE LTD										PI-1		
IDENTIFICACION DE CAMPO	GRANULOMETRIA		CLASE DE TEXTURA	GRAVILLA %	pH	Ca CO3	Al me/100g	SAR %	SALINIDAD CE (DS/m)	PSI	CLASE	MATERIA ORGANICA		
	% ARENA	% LIMO										% ARCILLA	% C.O.	% N TOTA
PI	6	60	34	FARL	5.0	3.1					1.08			
CIC	COMPLEJO DE CAMBIO me/100g			% SB	Fe	Mn	Zn	Cu	B	N-NO3 ppm	N-NH4 ppm	S ppm	PUSFORO ppm	
	Ca	Mg	K											BT
21.0	6.3	6.3	0.94	67.6	14.2								15	

METODOS: Textura: Bouyoucos; Al: extrac. en KCl; CE: en extracto de saturación; carbon orgánico: Walkley-black; fósforo Bray II; CIC y bases Acetato de Amonio normal y neutro; elementos menores: extrac. con DTPA; ; boro disp.: agua c S extrac. en Ca(HPO4)2 0.008 M.

J. Fernandez Lamus
JIMMY FERNANDEZ LAMUS
 Jefe División Laboratorio de Suelos (E)

Maria del Pilar Triana Nova
MARIA DEL PILAR TRIANA NOVA
 Coordinador Area de Química (E)

CUADRO No. 1.12

INSTITUTO GEOGRAFICO "AGUSTIN CODAZZI"				ANALISIS DE SUELOS				F. E. C. H. A.							
SUBDIRECCION DE AGRICULTURA				COMPLETO PARA AGRICULTORES				DIA:	MES:	ANO:					
LABORATORIO DE SUELOS								13	06	95					
DEPARTAMENTO	LOCALIZACION			NUMERO DE LABORATORIO:											
CUNDINAMARCA	TUNJUELO			3-15422											
MUNICIPIO:	REMITENTE:			IDENTIFICACION DE CAMPO:											
SANTAFE DE BOGOTA	ESTUDIOS CIVILES Y SANITARIOS ESSERE LTD			P1-2											
IDENTIFICACION DE CAMPO	GRANULOMETRIA	CLASE	GRAVILLA	pH	Ca CO3	Al	SAL	SALINIDAD	PSI	CLASE	MATERIA ORGANICA				
	%ARENA	%LIMO	%ARCILLA	1:1	me/100g	%	CE (dS/m)	ppm	%C.O.	%N.TOTA					
P2	14	34	52	Ar	4.5	1.6					2.60				
COMPLETO DE CAMBIO me/100g															
CIC	Ca	Mg	K	Na	BT	% SB	Fe	ELEMENTOS MENORES (ppm)			POSTORO				
								Mn	Zn	Cu	H	N-NOS	N-NH4	S	ppm
24.8	8.3	5.2	0.52	1.81	15.8	63.7									40

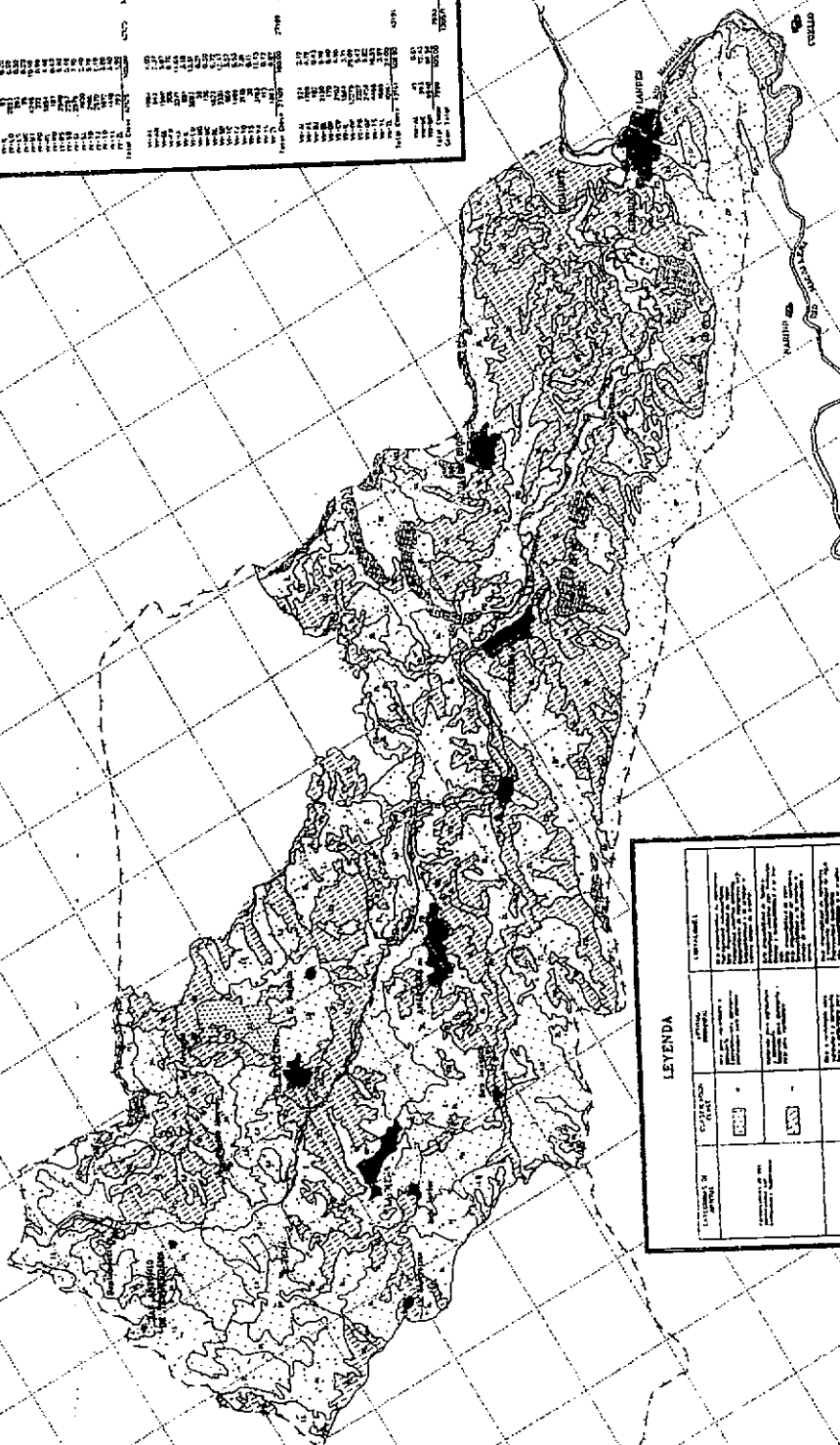
METODOS: Textura: Bouyoucos; Al: extrac. en KCl; CE: en extracto de saturación; carbon orgánico: Walkley-black; fósforo Bray II; CIC y bases Acetato de Amonio normal y neutro; elementos menores: extrac. con DTPA; / boro disp.: agua c S extrac. en Ca(HPO4)2 0.008 M.

[Signature]
JIMMY FERNANDEZ LAMUS
 Jefe División Laboratorio de Suelos (E)

[Signature]
MARIA DEL PILAR TRIANA NOVA
 Coordinador Area de Química (E)

CUADRO DE AREAS

Clase	Porcentaje	Superficie (Ha)	Superficie (Km ²)
1	0.5	100	0.01
2	1.0	200	0.02
3	2.0	400	0.04
4	3.0	600	0.06
5	4.0	800	0.08
6	5.0	1000	0.10
7	6.0	1200	0.12
8	7.0	1400	0.14
9	8.0	1600	0.16
10	9.0	1800	0.18
11	10.0	2000	0.20
12	11.0	2200	0.22
13	12.0	2400	0.24
14	13.0	2600	0.26
15	14.0	2800	0.28
16	15.0	3000	0.30
17	16.0	3200	0.32
18	17.0	3400	0.34
19	18.0	3600	0.36
20	19.0	3800	0.38
21	20.0	4000	0.40
22	21.0	4200	0.42
23	22.0	4400	0.44
24	23.0	4600	0.46
25	24.0	4800	0.48
26	25.0	5000	0.50
27	26.0	5200	0.52
28	27.0	5400	0.54
29	28.0	5600	0.56
30	29.0	5800	0.58
31	30.0	6000	0.60
32	31.0	6200	0.62
33	32.0	6400	0.64
34	33.0	6600	0.66
35	34.0	6800	0.68
36	35.0	7000	0.70
37	36.0	7200	0.72
38	37.0	7400	0.74
39	38.0	7600	0.76
40	39.0	7800	0.78
41	40.0	8000	0.80
42	41.0	8200	0.82
43	42.0	8400	0.84
44	43.0	8600	0.86
45	44.0	8800	0.88
46	45.0	9000	0.90
47	46.0	9200	0.92
48	47.0	9400	0.94
49	48.0	9600	0.96
50	49.0	9800	0.98
51	50.0	10000	1.00
52	51.0	10200	1.02
53	52.0	10400	1.04
54	53.0	10600	1.06
55	54.0	10800	1.08
56	55.0	11000	1.10
57	56.0	11200	1.12
58	57.0	11400	1.14
59	58.0	11600	1.16
60	59.0	11800	1.18
61	60.0	12000	1.20
62	61.0	12200	1.22
63	62.0	12400	1.24
64	63.0	12600	1.26
65	64.0	12800	1.28
66	65.0	13000	1.30
67	66.0	13200	1.32
68	67.0	13400	1.34
69	68.0	13600	1.36
70	69.0	13800	1.38
71	70.0	14000	1.40
72	71.0	14200	1.42
73	72.0	14400	1.44
74	73.0	14600	1.46
75	74.0	14800	1.48
76	75.0	15000	1.50
77	76.0	15200	1.52
78	77.0	15400	1.54
79	78.0	15600	1.56
80	79.0	15800	1.58
81	80.0	16000	1.60
82	81.0	16200	1.62
83	82.0	16400	1.64
84	83.0	16600	1.66
85	84.0	16800	1.68
86	85.0	17000	1.70
87	86.0	17200	1.72
88	87.0	17400	1.74
89	88.0	17600	1.76
90	89.0	17800	1.78
91	90.0	18000	1.80
92	91.0	18200	1.82
93	92.0	18400	1.84
94	93.0	18600	1.86
95	94.0	18800	1.88
96	95.0	19000	1.90
97	96.0	19200	1.92
98	97.0	19400	1.94
99	98.0	19600	1.96
100	99.0	19800	1.98
101	100.0	20000	2.00



LEYENDA

LEYENDA DE SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN DEL SÍMBOLO	EXPLICACIONES
[Symbol]
[Symbol]
[Symbol]
[Symbol]
[Symbol]
[Symbol]
[Symbol]
[Symbol]
[Symbol]

CONVENCIONES

Alturas: 100m, 200m, 300m, 400m, 500m, 600m, 700m, 800m, 900m, 1000m, 1100m, 1200m, 1300m, 1400m, 1500m, 1600m, 1700m, 1800m, 1900m, 2000m

Curvas de Nivel: 10m, 20m, 30m, 40m, 50m, 60m, 70m, 80m, 90m, 100m, 110m, 120m, 130m, 140m, 150m, 160m, 170m, 180m, 190m, 200m

Escala: 1:50,000

Proy. UTM



CONSORCIO

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA

INIA

ALCALDIA MAYOR

SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

MUNICIPIO DE SAN JUAN DE LOS RÍOS Y SU AFINIDAD DE VECINOS

AGRICULTIVO "EL MULINO AVANZANTE"

AREA DE INFLUENCIA HOYA BAJA

1:16

1983

CUADRO No. 1.13 - Características Generales de los Suelos en la Hoya Baja del Río Bogotá

Formas Generales del relieve		Piso Térmico	Material Parental	Clasificación de la Pendiente	Procesos Geomorfológicos	Características y Propiedades de los Suelos	Unidades Cartográficas	
							Nombres	Símbolos
Formas Aluviales	Planicie de inundación	Cálido seco	Aluviones finos	Plano	Acumulación de sedimentos	Superficiales, pobremente drenados, fertilidad moderada	Asociación Valencia	VA
	Terrazas en niveles		Aluviones gruesos y finos	Plano	Acumulación y erosión pluvial	Superficiales imperfectamente drenados, fertilidad alta	Consociación Salitre	SL
			Aluviones	Plano	Erosión pluvial y por escurrimiento	Superficiales imperfectamente drenados, fertilidad baja	Consociación Anapoima	AL
			Arcillas	Plano	Erosión pluvial y por escurrimiento	Moderadamente profundos, drenados, fertilidad moderada	Consociación La Meseta	LS
Formas de coluvios	Valle aluvial	Cálido seco	Arcillas alternando con areniscas	Ligeramente inclinados a inclinados	Erosión pluvial y por escurrimiento	Superficiales, bien drenados, fertilidad moderada	Consociación Manuel Norte	NT
Formas de colinas	Laderas	Cálido seco	Areniscas con lutitas y arcillas	Quebrado a escarpado y sectores ondulados	Escurrimiento difuso y concentrado	Superficiales, moderadamente profundos, bien drenados y fertilidad moderada a baja	Asociación Zelandia	ZL YL
			Areniscas	Ondulado a fuertemente inclinado	Escurrimiento difuso y concentrado	Superficiales, bien drenados y fertilidad moderada	Consociación Polanco	PO
	Planicie	Frío seco	Arcillas lacustres	Plano con sectores inclinados	Erosión pluvial y escurrimiento	Superficiales, moderadamente drenados y fertilidad baja	Consociación Techo	TE
Formas de montañas	Laderas con influencias	Medio húmedo	Lutitas, arcillas y cenizas	Ondulado a fuertemente ondulado	Coladas de barro	Profundos, moderados a bien drenados y fertilidad baja	Asociación Pila-ca-Triunfo	SB OF
			Lutitas y materiales heterométricos	Fuertemente quebrado a escarpados	Soliflucción y deslizamientos	Profundos a superficiales, bien drenados y fertilidad baja a moderada	Consociación Pila-ca	IL GD
			Arcillas con areniscas y lutitas	Ligero a fuertemente quebrado	Coladas de barro	Moderadamente profundos, moderados a bien drenados y fertilidad alta a moderada	Asociación Trujillo	TJ
			Cenizas y lutitas	Ondulado a fuertemente ondulado	Deslizamientos en pendientes	Profundos, bien drenados y fertilidad baja	Asociación Santa Inés	SI
		Frío húmedo	Cenizas volcánicas	Ligero a fuertemente quebrado	Soliflucción	Profundos, bien drenados y fertilidad muy baja	Asociación Robles	RO RL

Fuente: Gómez Cajiao - J. Montgomery. Línea base Ambiental de la Hoya Baja del Río Bogotá. 1992

- ◆ **Consociación Cota.**- Suelos influenciados por cenizas volcánicas sobre arcillas lacustres; profundos, texturas medias a finas, bien drenados, ligeramente ácidos y de baja fertilidad.
- ◆ **Consociación Río Bogotá.**- Suelos derivados de aluviones finos; son superficiales de textura finas (arcillosos), pobremente drenados, muy ácidos a ácidos, fertilidad moderada.
- ◇ **Suelos Modelados de Montaña:** Constituye el paisaje dominante en la cuenca baja del río Bogotá, donde el relieve, el material parental y clima son los factores determinantes en la génesis y evolución de los suelos. Dentro de este piso térmico frío y el modelado de montaña se distinguen las siguientes unidades:
 - ◆ **Asociación Bojacá (Aridic Haplustalfs).**- Derivados de lutitas y areniscas en relieves fuertemente quebrados a escarpados con sectores ondulados a fuertemente ondulados y superficiales, de texturas moderadamente gruesas a finas, bien drenados ligeramente ácidos o alcalinos, salinidad por sodio, fertilidad baja.
 - ◆ **Consociación Robles y Asociación Robles (Typic Hapludands).**- Originados de cenizas volcánicas y/o lutitas y areniscas, profundos a moderadamente profundos, texturas moderadamente gruesas a finas, fertilidad muy baja.
 - ◆ **Asociación Albán (Typic Dystropepts).**- Igualmente originados de cenizas volcánicas, lutitas y areniscas.
 - ◆ **Asociación Quipile (Entic Hapludolls).**- Originados de lutitas calcáreas superficiales y moderadamente profundos, de texturas finas, bien drenados ligeramente ácidos a alcalinos, fertilidad moderada a alta; se localiza en relieve ligeramente quebrado a escarpado.
 - ◆ **Asociación Cumbre (Typic Dystropepts).**- Con relieve quebrado a escarpado, derivados de arcillas, areniscas y paeners con algunas inclusiones de cenizas volcánicas.

Con influencia coluvial se encuentran:

- ◆ **Asociación Pilaca Triunfo (Typic Dystropepts).**- El material de origen de lutitas, arcillas y localmente cenizas, en relieves ondulados a

fuertemente ondulados y sectores fuertemente quebrados en su mayor parte pedregosos.

Además están estas otras unidades:

- ◆ **Asociación Trujillo** (Typic Eutropepts)
 - ◆ **Asociación Cune** (Vertic Eutropepts)
 - ◆ **Asociación Santa Inés** (Typic Hapludands)
 - ◆ **Consociación Pilaca - Santa Inés** (Typic Dystropepts)
 - ◆ **Consociación Pilaca** (Typic Dystropepts)
 - ◆ **Consociación Guadalupana** (Vertic Dystropepts)
- Suelos de Clima Medio y Húmedo

Este piso climático hace referencia esencialmente a la zona de vida de las regiones cafeteras, es decir el bosque húmedo premontano (bh-PM) y bosque muy húmedo premontano (bmh-PM) localizados aproximadamente entre los 1.000 y 2.000 msnm. El material de origen de estos suelos es de muy diversa litología pero especialmente rocas metamórficas y sedimentarias, incluyendo frecuentemente cenizas volcánicas. Incluye las siguientes clases de suelos:

- ◇ **Suelos Modelados de Colinas:** Sobre estas formas se localizan especialmente los valles coluvio - aluviales, cuya principal unidad en este piso térmico es la :
 - ◆ **Asociación Pueblo Nuevo (Vertic Eutropepts).**- Formados a partir de arcillas y sedimentos coluvio - aluviales, son moderadamente profundos, texturas medias a finas, moderada a imperfectamente drenados, casi neutros, fertilidad moderadamente alta.
- ◇ **Suelos Modelados Aluviales:** En las formas aluviales de clima medio húmedo se localiza la unidad:
 - ◆ **Consociación Macavi (Orthoxic Tropudults).**- Localizados en abanicos y constituidos por materiales heterométricos en matriz arcillosa, en relieves ligeramente inclinados con sectores planos. Son

suelos superficiales, texturas medias a finas, moderadamente drenados, muy ácidos, fertilidad baja.

- Suelos de Clima Cálido Seco

En esta zona se han presentado fenómenos geomorfológicos que han influido en el relieve y en la naturaleza de los suelos, especialmente movimientos en masa, cambios climáticos y sedimentación. Estos mismos cambios climáticos con resultados en regímenes secos han dado origen a fenómenos de erosión severos y alteraciones en la vegetación. La sedimentación se deja ver en los depósitos de piedemonte (abanicos), en la llanura aluvial que se forma en la confluencia del río Bogotá en el río Magdalena.

Geomorfológicamente se distinguen: laderas de montaña, colinas, valles coluvio - aluviales, abanicos y planicies aluviales.

- ◊ **Suelos en Laderas de Montaña:** Comprende aquellos ubicados en relieves quebrados a escarpados en altitudes inferiores a los 1.000 msnm, con temperaturas mayores de 24°C y precipitaciones promedio anual del orden de 1.300 mm. El paisaje es de fuerte sequedad, exigua vegetación y con erosión. Se diferencian las siguientes unidades:
 - ◆ **Asociación Capotes (Typic Ustorthents).**- Son suelos desarrollados a partir de lutitas y materiales heterométricos de areniscas y lutitas calcáreas; poco evolucionados, superficiales a moderadamente profundos, texturas finas a moderadamente finas, excesivamente drenados, ligeramente ácidos a alcalinos, pobres en materia orgánica y fertilidad moderada.
 - ◆ **Asociación Painilla (Typic Ustropepts).**- Originados de lutitas carbonáceas.
 - ◆ **Asociación Limonar (Fluventic Ustropepts).**- Formados en un medio de influencia coluvial a partir de arcillas y materiales heterométricos de areniscas y lutitas calcáreas. Son de profundidad efectiva profunda a superficial, texturas franco arcillosas bien drenados, pH casi neutro, bajos en materia orgánica y fertilidad moderada.
- ◊ **Suelos Modelados de Colinas:** Unidad geomorfológica que va bordeando generalmente el valle bajo del río Bogotá y el de algunas de sus afluentes, en alturas no mayores de 600 msnm. La vegetación original ha sido

eliminada para convertir las tierras en potreros. Esencialmente en este paisaje se localizan las siguientes unidades:

- ◆ **Asociación Palmita (Ustic Dystropepts).**- Se originan de areniscos y lutitas en matriz fina, en relieves ligera a fuertemente quebrados; son suelos bien drenados, superficiales limitados por estructura rocosa, pH ácido, pobres en materia orgánica y fósforo aprovechable, fertilidad baja a moderada.
 - ◆ **Asociación Bolívar (Typic Ustropepts).**- Suelos desarrollados a partir de arcillas y areniscas en relieves quebrados a escarpados; superficiales a muy superficiales, limitados por material de areniscas, bien drenados ligeramente ácidos y fertilidad moderada.
 - ◆ **Consociación Polanco (Lithic Ustorthents).**- Distribuidos al oriente de Girardot, sur de Tocaima y alrededores de Agua de Dios en relieves ondulados a fuertemente inclinados; son suelos bien drenados muy poco evolucionados y superficiales, de pH casi neutro y fertilidad moderada.
 - ◆ **Asociación Yesal (Petrogypsic Gypsiorthids).**- Unidad ubicada al suroriente de Tocaima en alturas de 400 a 500 msnm, en terrenos ondulados a fuertemente ondulados. Desarrollados a partir de arcillas abigarradas, con acumulaciones de yeso; de texturas finas, bien drenados, pH ligeramente ácido a alcalino y fertilidad moderada.
 - ◆ **Asociación Zelandia (Lithic Haplustolls).**- Se localiza el oriente de Apulo y Tocaima en relieves quebrados a escarpados.
 - ◆ **Asociación y Consociación Santo Domingo (Vertic Ustropepts).**- Estas dos últimas unidades presentan una influencia coluvial y se han originado de arcillas. Se presentan al norte de Anapoima y nororiente de la inspección de San Joaquín a alturas de 600 a 950 msnm.
- ◇ **Suelos en Valles Estrechos Coluvialuviales:** Corresponden a posiciones en donde su origen está asociado con fenómenos geomorfológicos de arrastre, acción de la gravedad y agua. El material parental lo constituyen arcillas, materiales heterométricos y arcillas abigarrados, alternando con areniscas y conglomerados. Se diferencian dos unidades:
- ◆ **Consociación Cachimbula (Udic Pellusterts).**- Localizada a lo largo de los ríos Bogotá, Apulo y Cachimbula hasta su desembocadura.

De otra parte, dentro del clima cálido seco, formando parte de las planicies de inundación se localizan las siguientes unidades de suelos:

- ◆ **Asociación Valencia (Fluvaquentic Haplaquolls).**- Se ubica en la planicie del río Bogotá, a todo lo largo del mismo desde el sitio denominado El Portillo hasta su desembocadura; originándose a partir de aluviones finos, siempre en relieves planos con pendientes menores del 3% son superficiales limitados en su profundidad por oscilaciones del nivel freático, pobremente drenados, alcalinos o casi neutros y de baja fertilidad.

- ◇ **Suelos Misceláneos:** Bajo esta denominación se han agrupado terrenos de todos los pisos térmicos y variadas unidades geomorfológicas de la cuenca, distinguiéndose los siguientes subgrupos:
 - ◆ **Misceláneos Rocosos (MR).**- Referidos a los afloramientos rocosos localizados principalmente en las partes más escarpadas y erosionadas, donde los suelos se han perdido en su totalidad; son áreas no recuperables y en su mayoría inaccesibles.

 - ◆ **Misceláneos Erosionados (ME).**- Comprende todas las zonas afectadas por fenómenos de erosión severa, donde los suelos se han perdido casi totalmente por factores naturales o humanos.

1.7.2.2. Evaluación de Aptitud de Tierras

En el **Cuadro No. 1.14** se describen las clases agrológicas o de aptitud de tierras en la hoya baja del río Bogotá, la cual incluye un análisis de las limitantes para su aprovechamiento.

- Limitantes para el Aprovechamiento del Recurso Tierra

La capacidad de utilización de las tierras en la cuenca, así como su productividad y conservación está afectada por factores de tipo climático, edáfico, geomorfológico y por acción antrópica, principalmente en cuanto a:

- ◇ **El Clima y Deficiencias de Humedad:** Especialmente por las bajas precipitaciones pluviales, que determinan en la parte más baja Tocaima - Girardot, la existencia de estaciones prolongadas de sequía, afectando una buena extensión de suelos.

CUADRO No. 1.14 - Aptitud de Uso de los Suelos de la Cuenca baja del Río Bogotá

Categorías de Aptitud	Clase	Clasificación	Limitaciones	Aptitud Principal	Cultivos Recomendados	Prácticas de Manejo	
		Subclase según pisos Térmicos					
Agropecuaria de uso intensivo (con limitaciones moderadas)	III	F - IIIs	Baja disponibilidad de nutrientes Pedregosidad subsuperficial	Alta para agricultura y ganadería	Cebada, papa, trigo, hortalizas, frutales, pastos mejorados y de corte	Fertilización y abono Rotación de cultivos y potreros	
		M - IIIs	Baja disponibilidad de nutrientes Pedregosidad subsuperficial	Alta para agricultura y ganadería	Pastos, maíz, cítricos, café, plátano	Fertilización y abono. Rotación de potreros	
		C - III - sec	Baja disponibilidad de agua Profundidad efectiva limitada Disponibilidad de nutrientes Susceptibilidad a la erosión o estado actual de erosión	Esencialmente ganaderas, moderadas para cultivos	Pasto puntero para guinea argentina braquiaria Maíz, sorgo, algodón	Riego, fertilización y abono de potreros y cultivos, prácticas o biológico-mecánicas de conservación de suelos Reforestación de suelos erosionados	
	IV	F - Ivs	F - IVse	Baja disponibilidad de nutrientes Profundidad efectiva Susceptibilidad a la erosión o estado de erosión moderada o severa	Moderada para agricultura y ganadería	Cebada, maíz, trigo, papa, frutales, pastos mejorados (kikuyo, ryegrass, festuca, poa, orchoro, alfalfa)	Prácticas de conservación de suelos Fertilización y abono Rotación de cultivos y potreros Reforestación
			M - IVs	Baja disponibilidad de fósforo Profundidad efectiva con ligera limitación	Moderada para agricultura y ganadería	Esencialmente café, maíz, tomate, frutales, praderas y pastos de corte	Fertilización y abono Conservación de suelos. Mantenimiento de cultivos permanentes
		C - Ivsc	Relieve y susceptibilidad a la erosión Baja disponibilidad de agua	Moderada para agricultura y ganadería	Pastos mejorados y pastos de corte Maíz y sorgo, algodón, arroz Baja adecuación y riego	Prácticas de riego Prácticas de conservación de suelos Fertilización adecuada y abono Rotación de potreros y cultivos Reforestación	
		C - IVesc	Baja disponibilidad de nutrientes				
Agropecuaria (con limitaciones severas)	VI	F - VIa	Baja disponibilidad de nutrientes Profundidad efectiva limitada	Baja o restringida para agricultura y ganadería	Cebada, papa, trigo, hortalizas, pastos mejorados en praderas y pasto de corte	Prácticas de conservación de suelos Fertilización y abono Rotación de potreros	
		F - VIes	Relieve y alta susceptibilidad a la erosión			Reforestación	

CUADRO No. 1.14 - Aptitud de Uso de los Suelos de la Cuenca baja del Río Bogotá (continuación)

Categorías de Aptitud	Clase	Clasificación	Limitaciones	Aptitud Principal	Cultivos Recomendados	Prácticas de Manejo
		Subclase según pisos Térmicos				
Agropecuaria (con limitaciones severas)	VI	M - Vis	Baja disponibilidad de nutrientes y moderada disponibilidad de agua Pedregosidad superficial Alta susceptibilidad a la erosión	Baja o restringida para agricultura y ganadería	Caña, cítricos, café, praderas y pastos de corte	Prácticas de conservación de suelos Rotación de potreros Fertilización Reforestación de áreas degradadas
		M - Vles				
		C - Visc C - VI esc C - VIhsc	Susceptibilidad a la erosión Baja disponibilidad de nutrientes Inundables en el área plana	Baja o restringida para agricultura y ganadería	Pastos mejorados, pastos de corte	Adecuación de tierras Conservación de suelos Fertilización de potreros Reforestación
Forestales o tierras protectoras	VII	F - VIIs	Relieve de alta susceptibilidad a la erosión Baja disponibilidad de nutrientes Pedregosidad superficial Estado actual erosivo	Bosques protectores productores muy restringidos para la agricultura y ganadería	Solo en áreas muy limitadas, cultivos y pastos propios de este ambiente	Manejo silvicultural de zonas boscosas protectoras-productoras con reforestación de áreas degradadas
		F - Iles				
		M - VIIs	Baja disponibilidad de fósforo Moderada disponibilidad de agua Relieve y alta susceptibilidad a la erosión	Esencialmente para bosques protectores-productores y muy restringidas para agricultura y ganadería	Café con sombrío y pastos mejorados en zonas menos pendientes	Manejo silvicultural de zonas boscosas protectoras-productoras con reforestación de áreas degradadas
		C - VIIesc	Alta susceptibilidad a la erosión Pedregosidad superficial	Bosques protectores-productores	No aptas	Manejo silvicultural y reforestación
Marginales o de recuperación	VIII	VIIIe	Afloramientos rocosos Erosión severa o muy severa	Recreación	No aptas	Prácticas biológico-mecánicas de restauración de suelos
		VIIIr		Restauración	No aptas	

Esta limitante por factores climáticos (c) determina la diferenciación de varias subclases de aptitud.

- ◇ **El Relieve y sus Pendientes Dominantes:** Constituyen elementos que restringen la capacidad de uso de los suelos, ya sea que se trate de zonas

planas, quebradas o escarpadas, limitando de la misma forma las posibilidades de un manejo tecnificado.

- ◇ **Características Intrínsecas de los Suelos:** Especialmente la moderada o baja fertilidad, el grado de acidez o de alcalinidad, así como la escasa profundidad radicular, asociada con limitaciones por capas rocosas, horizontes compactos o exceso de agua. Igualmente estas limitaciones propias del suelo (s), hacen que se identifiquen varias subclases de uso.
- ◇ **Erosión y Erodabilidad (e):** Fenómenos relacionados con las características propias del medio natural y prácticas agropecuarias de manejo. Existen extensas zonas en un estado avanzado o bajo de erosión y acelerados procesos de degradación.

Interpretando el **Cuadro No. 1.14** que agrupa las diversas categorías de uso, se tiene el siguiente análisis:

- ◇ **Áreas Agropecuarias de Uso Semi-intensivo:** Este grupo que comprende las clases III y IV existentes en la cuenca, comprende tierras planas hasta onduladas y quebradas, con limitaciones de baja disponibilidad de nutrientes, pedregosidad subsuperficial, profundidad efectiva y en algunos casos baja, disponibilidad de agua y susceptibilidad a la erosión.

La tierra agropecuaria de uso semintensivo ocupa una extensión de 48.000 ha.

- ◇ **Áreas Agropecuarias con Limitaciones Severas:** Comprende la clase VI, con sus tierras onduladas a quebradas y pendientes del 25,50%, de aptitud baja y restringida para la agricultura y la ganadería, presentando una alta propensión a la erosión se pueden aprovechar en pastoreo, con un adecuado manejo de potreros o para cultivos permanentes y bosques; además en cultivos de subsistencias son necesarias las prácticas de conservación de suelos. El cubrimiento de estas tierras en la cuenca es 61.100 ha.
- ◇ **Áreas Forestales o Tierras Protectoras:** Son tierras muy quebradas y escarpadas (pendientes entre 50 - 75% y mayores del 75%), que requieren

de cobertura vegetal permanente tipo multiestrata para prevenir y controlar la erosión. Su extensión en la cuenca es de 53.700 ha.

- ◊ **Áreas Marginales o de Recuperación:** Agrupa las tierras de clase VIII es decir las que presentan las más severas limitaciones de uso: Relieve escarpado, clima severo, pedregosidad o rocosidad muy superficiales o en avanzado estado de erosión. Su extensión es de aproximadamente 5.000 ha.

- Degradación de Suelos

En la hoya baja del río Bogotá fundamentalmente existen dos aspectos de degradación de suelos que merecen ser evaluados con la información existente; éstos son la erosión y la contaminación o salinización del recurso.

- ◊ **Degradación Erosiva:** La erosión hídrica que se presenta en la cuenca esta ocasionada por diferentes factores que están originando los procesos de desgaste o desprendimiento de materiales superficiales, en su transporte y posterior deposición. Estos factores degradantes son:

- ◆ **La Morfología y Pendientes.-** En efecto la cuenca baja presenta 149.000 ha en terrenos de laderas (88%), con pendientes en general mayores del 25%.
- ◆ **El Clima y Régimen Pluviométrico.-** En las formas de colina y materia, el elemento climático lluvia juega un papel erosivo primordial tanto en el desprendimiento de material como en el arrastre del mismo.
- ◆ **La Cobertura Vegetal.-** Ya se expresó como la cuenca presenta un bajo grado de protección en razón de la gran extensión de cobertura de pastos en mal estado de manejo, como también por la presencia de cultivos transitorios.
- ◆ **Litología o Composición Subyacente y Superficial de los Suelos.-** La propensión a la erosión depende de la consistencia de los materiales, por ejemplo los suelos derivados de lutitas arcillolitas bajo condiciones de lluvias intensas son fácilmente erosionadas y removibles.
- ◆ **Factores Socioeconómicos e Institucionales.-** Son varios los condicionamientos de este orden que están influyendo en la erosión del recurso: Grado tecnológico agropecuario o ambiental, servicios de

crédito y asistencia técnica, nivel cultural de la población y construcción de infraestructura de servicios sin la adecuada planificación y mantenimiento técnico.

El conjunto de factores expuestos están indicando en la degradación erosiva de esta parte de la cuenca del río Bogotá. La cuantificación de los diferentes grados se muestra en el **Cuadro No. 1.15**.

CUADRO No. 1.15 - Degradación Erosiva - Hoya Baja

Grados de Intensidad	Area (ha)	%
Tierras sin presencia de erosión evidente	4.100	2,4
Tierras con erosión ligera (ligera a mediana tendencia evolutiva)	31.000	18,3
Tierras con erosión moderada	119.100	70,5
Tierras con erosión severa a muy severa	13.500	8,0

Debe destacarse que en la región Tocaima - Girardot se presentan unas 5.400 ha bajo un grado de erosión severa siendo el factor clima, especialmente las lluvias, el de mayor responsabilidad de la fuerte degradación. Las estaciones secas y de larga duración presentan diferentes consecuencias en el incremento de la erosión, especialmente se debilita la vegetación escasa existente, quedando gran parte del suelo desprotegido; además se endurece el suelo, con el consiguiente aumento del escurrimiento cuando llegan las lluvias.

Debe igualmente observarse los fenómenos de remoción en masa, importantes por los aportes de sedimentos que proporcionan a las aguas, ya sea que se trate de derrumbes, deslizamientos, desplomes, etc., están afectando un área aproximada de 4.500 ha especialmente en la región media cafetera donde las lluvias son más intensas y los materiales litológicos más frágiles.

- ◊ **Degradación por Salinidad y Salinización de Suelos:** La salinidad del suelo depende fundamentalmente de la naturaleza del material parental de los mismos, del clima y de la utilización de aguas para riego ricas y sales. Estos tres factores convergen en la parte más baja de cuenca (triángulo Tocaima - Ricaurte - Girardot), por lo cual existen extensas áreas de suelos

clasificados como "susceptibles a la salinización"; en efecto los materiales geológicos que han dado origen a los suelos contienen cantidades apreciables de carbonatos, calcio, magnesio y otros elementos que generan salinidad. Igualmente debido al clima seco de la región estos elementos no son fácilmente lavados o lixiviados de los suelos, lo cual favorece su acumulación, que se puede ver incrementada si las aguas freáticas son ricas en sales, fenómeno común en esta parte de la cuenca.

Además el proceso de salinización puede ser acelerado por el riego con aguas contaminadas de sales y el uso intensivo de fertilizantes. Según estudios recientes (IGAC - 1988) ya se reportan actualmente suelos salinos y salinasódicos para esta parte de la cuenca.

Además de acuerdo con el " Estudio Detallado y Semidetallado de Suelos para el Distrito de Riego Girardot - Tocaima (IGAC 1986), la salinización en esta región va en aumento, teniendo en cuenta lo siguiente:

- ⇒ Hay aumento gradual de sales en los suelos regados por varios años con agua del río Bogotá.
- ⇒ Hay un proceso de melanización en los suelos regados por varios años igualmente con agua del río Bogotá.
- ⇒ Los suelos que han sido regados por varios años con agua del río Bogotá presentan disminución de población microbiana y actividad biológica.

De lo anterior se puede concluir que el agua de riego usada está aportando aniones a los suelos, lo que ocasiona el aumento de salinidad y por ende un desbalance del pH y la presión osmótica de la solución de suelo, factores vitales para el desarrollo de la fauna y flora microbiana, sensible a estos cambios, la cual tiene la responsabilidad en los suelos de la oxidación y mineralización de la materia orgánica.

De otra parte, la melanización de los suelos obedece al aumento de materia orgánica por aportes externos en solución a la disminución de la tasa de oxidación y mineralización por parte de la fauna y flora microbiana. El riego con aguas ricas en materia orgánica debe ser controlado de manera que el suelo sea capaz de integrar y desdoblar estos productos en intervalos de tiempo acordes con la tasa de mineralización de la materia orgánica.

1.8. USO DE LA TIERRA

El uso de la tierra se diferencia de manera muy significativa en la hoya alta y baja del río Bogotá.

1.8.1. Hoya Alta

En esta región, en la zona de influencia de Santa Fe de Bogotá, se observa una intensificación de usos tanto urbanos como agropecuarios. En la margen izquierda del río Bogotá, aguas abajo de la desembocadura del río Juan Amarillo los usos agropecuarios ceden progresivamente ante la actividad urbanizadora. Aunque varios sectores presentan serios riesgos de inundaciones, este hecho no impide el desarrollo de nuevos barrios. Las áreas aún no urbanizadas están dedicadas en su mayoría a usos agropecuarios de alto rendimiento (verduras, legumbres). Se prevé que en corto tiempo la margen izquierda del río quedará completamente urbanizada.

En la margen derecha del río de este mismo tramo predominan los usos agropecuarios, principalmente los cultivos transitorios de gran demanda en el mercado capitalino (lechuga, remolacha, repollo, zanahoria, ajo, arveja, cebada, papa, fresa), junto con la ganadería de leche. Sin embargo, ya hicieron su aparición los primeros núcleos de ocupación urbana, como es el caso de los barrios subnormales del municipio de Mosquera y algunos asentamientos al lado de los puentes sobre el río Bogotá

Los cultivos de hortalizas y de fresa necesitan de riego permanente y sólo se pueden desarrollar en áreas con disponibilidad de agua. Las fuentes principales de agua para riego en esta parte de la cuenca son el río Bogotá, el canal de La Ramada y los pozos profundos. Entre el río Juan Amarillo y Alicachín hay cerca de 1.000 ha de estos cultivos irrigados con agua del río Bogotá.

Ultimamente ha tenido un gran auge el cultivo de flores, que está ocupando muchos terrenos de los municipios de Funza, Mosquera, Cota, Madrid, Sibaté y Soacha, donde hay posibilidad de obtener agua para riego (principalmente de pozos profundos). Este cultivo demanda una gran cantidad de mano de obra, originando un importante movimiento diario de trabajadores procedentes de la capital.

A lo largo del río Bogotá, sus aguas se utilizan para riego e incluso para consumo animal y humano, a pesar de su alto grado de contaminación. Los

rendimientos son altos y el problema radica en la mala calidad del producto (desde el punto de vista de la salubridad), a causa del agua contaminada. La posible ampliación de tierras con riego ya está contemplada por la CAR en los estudios de ampliación de los distritos de riego.

La presión urbanizadora sobre las tierras agrícolas en esta zona es muy fuerte, y solo el nivel muy deficiente del servicio de acueducto (excepción hecha de Sibaté) ha podido frenar en algo el desbordamiento de la población urbana de estos municipios sobre las tierras agropecuarias de alta calidad.

Hacia el extremo occidental de la Sabana, en el municipio de Soacha, disminuyen los cultivos de verduras y legumbres y toman más importancia los de papa y maíz.

Entre Alicachín y Buenavista las tierras agrícolas desaparecen por completo a lo largo del río, debido a que el valle se vuelve escarpado y profundo y las pocas vegas son utilizadas por la EEB para sus generadoras eléctricas.

Los caseríos ubicados al lado de la carretera Bogotá - El Colegio, principalmente El Charquito, sirven como opción de alojamiento para la población de escasos recursos que trabajan en la capital, con un alquiler relativamente bajo. En su mayoría, la economía de estas familias está reforzada por las ganancias provenientes de criaderos de cerdos, actividad que demanda poco espacio y dispone de gran cantidad de alimentos (lavaza) proveniente de restaurantes de la capital. Las ventas de carne de cerdo son habituales en los puestos de la carretera los días jueves a domingo.

En la **Figura No. 1.15** se observa los usos del área de influencia del proyecto en la hoya alta del río Bogotá.

1.8.2. Hoya Baja

En el trayecto del río Bogotá, desde el Salto de Tequendama, en los municipios de San Antonio de Tequendama, Tena, La Mesa y El Colegio, las pendientes se suavizan, pero el agua disponible en el cauce del río Bogotá es muy escasa, debido a que ella es desviada aguas arriba del Salto de Tequendama, para la producción de energía eléctrica.

El uso de la tierra se orienta en esta zona hacia la ganadería y los cultivos permanentes que no necesitan riego, como café, cítricos, mango, caña panelera y plátano.

El municipio de El Colegio tiene la segunda superficie más extensa de cafetales en el departamento de Cundinamarca. Otros municipios con superficies importantes en cafetales son La Mesa, Tena, y San Antonio del Tequendama. Predominan los cafetales tradicionales con sombrío de plátano y maderables. La disponibilidad de agua tiene poca incidencia en esta clase cultivos, en especial si se tiene en cuenta que esta zona es la más húmeda de toda la cuenca.

Los cultivos transitorios se limitan a extensiones poco importantes de cultivos tradicionales especialmente de maíz, complementados a veces con frijol, arveja o habichuela y, en terrenos con disponibilidad de agua, es importante el cultivo del tomate.

La ganadería es semi-intensiva, y la escasez de agua para mantener los pastos en la época seca limita el hato ganadero. En general, la carga se sitúa por debajo de una cabeza por hectárea, excepción hecha de San Antonio de Tequendama (en la región de Santandercito), donde las amplias vegas y abundante agua de las quebradas permiten una ganadería mucho más intensiva.

Al igual que en la zona de Soacha, un rubro importante de la economía campesina son los criaderos de cerdos, principalmente en los municipios de San Antonio del Tequendama, El Colegio, La Mesa y Tena. La avicultura tiene bastante importancia en San Antonio del Tequendama y algo menos en La Mesa y Tena. Algunas otras actividades, como los viveros, se han hecho presentes últimamente.

En los municipios de Anapoima y Apulo, donde el clima se vuelve más seco, los pastos ocupan extensiones importantes, pero la ganadería es mucho más intensiva como en Anapoima, donde la carga es casi cuatro veces más alta que en Apulo y con un hato ganadero mucho más importante.

La escasez extrema de agua en Apulo limita mucho los cultivos transitorios, los cuales se reducen prácticamente a grandes extensiones de maíz, con una superficie más alta que en el resto de municipios de la cuenca, aguas abajo de Bogotá. El maíz es también el único cultivo transitorio de importancia en Anapoima, aunque con una superficie mucho más reducida.

En Anapoima, el cultivo de frutales es de mayor importancia, predominando el mango, los cítricos y el maracuyá. En Apulo también son importantes estos cultivos, aunque se presentan en menor extensión y complementados con otros cultivos permanentes y semipermanentes, como el aguacate y la yuca.

Entre la Mesa y Apulo, a lo largo de la carretera, y con mayor intensidad alrededor de Anapoima, se está desarrollando una zona de gran atracción para la ubicación de fincas de recreo, lo que ha hecho aumentar exageradamente el precio de la tierra en esta región.

Entre Apulo y Tocaima, el río Bogotá corre muy encajonado, lo que elimina cualquier posibilidad de un desarrollo agropecuario en proximidad de sus márgenes. Ya en cercanía de Tocaima y en la parte suroccidental del municipio, hacia Girardot, las amplias vegas permiten el desarrollo ganadero y los cultivos de arroz y sorgo.

Los municipios ubicados en la parte más baja de la cuenca presentan un patrón similar de uso del suelo. Por épocas, según la coyuntura del mercado, se extienden y desaparecen los cultivos transitorios de clima caliente, como algodón, sorgo, arroz y ajonjolí. Ultimamente el algodón desapareció por completo de los cultivos de la región (aunque fue muy importante hace algunos años) y fue reemplazado por arroz con riego y sorgo. Existe una gran dependencia del recurso agua para los cultivos de arroz con riego y para la ganadería. Generalmente se utiliza el agua del río Bogotá o se recoge por medio de jagüeyes donde las condiciones del suelo lo permiten.

Los cultivos permanentes se limitan a plataneras de poca extensión en las vegas del río, a cultivos de cacao en Tocaima, a unas plantaciones recientes de guanábana en Girardot y a algunos frutales en Agua de Dios.

La ganadería es de tipo extensivo, con una carga promedia de alrededor de media cabeza por hectárea y sólo en las vegas aumenta la densidad.

En la **Figura No. 1.15** se observa el uso de la tierra en la hoya baja para el área de influencia del proyecto.

Entre Tocaima y Girardot existe un distrito de riego de unas 2.200 ha, con cultivos de arroz y ganadería principalmente. La CAR tiene proyectado ampliar este distrito a unas 13.700 ha, ubicadas en los municipios de Tocaima, Girardot, Agua de Dios y Ricaurte. La ampliación del proyecto permitiría un aumento significativo de los rendimientos de los principales cultivos.

El proyecto contempla la adecuación de la mayoría de tierras utilizables para este fin en el valle del río Bogotá y se quedarían por fuera sólo unas pequeñas extensiones. El riego por bombeo en las haciendas de la región se dificulta por la gran inestabilidad de las orillas del río, que causa el hundimiento de los motores en el limo ribereño.

En las cercanías de Girardot se están intensificando los usos recreativos, tanto por el aumento de las construcciones en el complejo Lagomar - Peñon como por los nuevos desarrollos en la Hacienda Perú.

Los Cuadros Nos. 1.16, 1.17, 1.18, y 1.19 muestran respectivamente, la producción agrícola en cultivos permanentes y transitorios, la producción de café y la actividad pecuaria en la zona.

CUADRO No. 1.16 - Producción Agrícola Cultivos Permanentes 1993

Municipio	Cultivo	Area Producida (ha)	Producción (Ton/año)	Rendimiento (Kg/ha/año)
Anapoima	Caña panela	90	360	4.000
	Cítricos	280	2.240	8.000
	Mango	300	2.400	8.000
Apulo	Aguacate	50	750	15000
	Cítricos	150	1500	10000
	Mango	180	1440	8000
El Colegio	Cítricos	500	4000	8000
	Mango	320	2540	2000
	Plátano	500	400	8000
La Mesa	Caña panela	700	2800	4000
	Cítricos	800	8000	10000
	Mango	45	360	8000
San Antonio de Tena	Caña panela	250	750	3000
	Cítricos	380	7600	20000
	Mango	60	480	8000
	Mora	70	595	8500
Soacha	Maízana	10	9	900
	Mora	15	210	14000
Tena	Cítricos	220	2640	12000
	Mango	70	560	8000
Tocaima	Cacao	125	110	600
Viotá	Cacao	35	21	600
	Caña panela	100	300	3000
	Cítricos	380	3800	10000
	Mango	100	800	8000
	Plátano	1.500	6000	4000

Fuente: URPA, Cundinamarca Estadística agropecuaria evaluación municipal /1993

**CUADRO No. 1.17 - Producción Agrícola Cultivos Transitorios (Semestre B
- 1993)**

Municipio	Cultivo	Area Producida (ha)	Producción (Ton/año)	Rendimiento (Kg/ha/año)
Agua de Dios	Algodón	130	250	5000
	Maiz	60	60	1000
	Sorgo	270	540	2000
	Arroz	50	250	5000
Anapoima	Frijol	15	15	1000
	Maiz	780	390	5000
	Tomate	10	150	15000
Girardot	Algodón	80	400	5000
	Arroz	80	400	5000
	Maiz	400	880	2200
La Mesa	Maiz	650	390	600
	Tomate	245	3920	1600
Ricaurte	Algodón	520	1040	2000
	Maiz	45	45	2000
	Sorgo	700	1050	1500
	Arroz	33	165	5000
San Antonio de Tena	Arveja	30	60	2000
	Habichuela	30	300	10000
	Maiz	300	60	2000
	Tomate	120	1440	12000
Sibaté	Arveja	100	250	2500
	Papa	1000	15000	15000
	Maiz	40	60	1500
	Zanahoria	30	600	20000
Soacha	Arveja	210	840	4000
	Cebada	120	120	1000
	Papa	315	4725	15000
Tena	Frijol	8	8	1000
	Maiz	25	25	1000
	Tomate	12	240	20000
	Habichuela	10	100	10000
Tocaima	Arroz	205	1025	5000
	Maiz	300	300	1000
	Sorgo	150	300	2000

Fuente: URPA Cundinamarca, Estadísticas agropecuarias 1993

CUADRO No. 1.18 - Cultivo de Café

Municipio	Area Sembrada (ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Kg/ha)
Agua de Dios	50	36	726
Anapoima	612	319	521
Apulo	324	236	730
El Colegio	4.176	2.923	700
La Mesa	3.720	2.604	700
San Antonio de Tena	2.000	1.400	700
Tena	1.560	750	500
Tocaima	636	463	728
Viotá	7.926	5.789	730
TOTAL	21.004	14.520	6.036

Fuente: Censo Cafetero

CUADRO No. 1.19 - Actividad Pecuaria de la Hoya Baja del Río Bogotá
Año 1990

Municipio	% Supf en Pasto	Ganadería, Came y Leche	Población Porcina	Población Ovina	PRODUCCION AVICOLA		
					Postura	Huevos	Pollos
Agua de Dios	59,4	1.145	920	1.000	100	2.550	0
Anapoima	68,7	7.000	2.100	100	105	2.301	73
Apulo	46,5	489	1.300	800	15	270	26
El Colegio	37,5	4.400	5.755	420	10	180	0
Girardot	35,5	4.427	2.450	1.500	100	2.550	0
La Mesa	51,9	7.610	4.505	0	20	400	269
Ricaurte	44,3	1.610	940	1.400	0	0	0
San Antonio de Tena	42,7	10.530	8.370	215	350	350	840
Sibaté	46,6	7.000	2.250	0	0	0	0
Soacha	27,9	7.000	8.250	0	0	0	0
Tena	55,2	2.815	3.950	0	0	0	291
Tocaima	73,7	6.935	2.540	1.200	200	4.500	0
Viotá	32,2	6.020	1.500	0	24	1.200	0
TOTAL	622,1	66.981	44.830	17.435	924	14.791	754

Fuente: Estadísticas Agropecuarias URPA. 1990

1.8.3. Uso de la Tierra en la Zona de Influencia Directa

1.8.3.1 Planta El Salitre

El predio El Cortijo está ubicado en jurisdicción de la Localidad de Engativá, adelante del punto en el cual desemboca el río Juan Amarillo en el río Bogotá y sobre la margen izquierda de este último. Dentro del margen de los 300 m en torno al sitio de construcción, que corresponden al área de influencia directa existen los siguientes asentamientos: A 160 m de la entrada del sitio de localización de la planta se encuentra asentada una unidad habitacional (tipo finca); al lado de esta misma entrada se encuentra un paradero de buses ejecutivos y al extremo derecho se ubica la quinta etapa de la construcción de la unidad residencial El Cortijo. Frente a la entrada del sitio de localización del proyecto, calzada sur de la Avenida 80, se localizan un punto de venta de Cementos río Claro y una concentración pequeña de recicladores de basura en la cual habitan tres familias. De igual forma, frente al sitio de localización de la planta, atravesando el río Juan Amarillo, se encuentran ubicados los pobladores del barrio Lisboa, jurisdicción de la localidad de Suba, que se constituyen en el asentamiento humano más próximo al sitio de construcción de la planta.

El uso del suelo en las riberas del río Bogotá y del río Juan Amarillo es de criaderos de ganado porcino y vacuno y la explotación de carbón de madera.

La Localidad de Suba presenta una alta tendencia a la construcción de vivienda y al uso agroindustrial, mediante la implementación de cultivos de flores (35 empresas aproximadamente), así mismo se ha generado un crecimiento acelerado de nuevas urbanizaciones, presentándose una estratificación socioeconómica en el sector: estrato 2: 152.077 hab; estrato 3: 93.232 hab; estrato 4: 80.796 hab; estrato 5: 103.935 hab.

En el área que corresponde a la Avenida 80, en la Localidad de Engativá el suelo es destinado a vivienda sobre los ejes viales principales y 9 actividades comerciales entre las que se destacan establecimientos de servicios varios, (droguerías, almacenes, sitios de parqueo, oficinas bancarias, talleres de repuestos y arreglo de carros, puestos de servicio de gasolina entre otros). Cuenta con la siguiente estratificación socioeconómica: estrato 3: 536.466 hab; estrato 4: 60.848 hab; estrato 2: 44.246 hab.

Los antecedentes del uso que tenía el predio y su área inmediata era el mismo que tiene hoy en día, o sea tierras dedicadas al cultivo de pastos para ganadería para producir leche.

La proyección del uso, y de acuerdo con la zonificación y tratamientos del Acuerdo 6 de 1990 y del Decreto 319/92, por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Físico del Borde Occidental de la ciudad de Bogotá, D.C.; se considera que los alrededores del lugar donde quedará ubicada la planta de tratamiento de El Salitre está destinado al sistema verde de la ciudad en unión con la ronda y zona de manejo y preservación ambiental del río Bogotá. De igual manera se estima que esta área presentará una presión urbanística, donde se resalta la construcción y edificación de conjuntos habitacionales.

- ◊ **Corredor Vial:** Para el caso de la planta de El Salitre se utilizará la vía de la Autopista a Medellín (Avenida 80) hasta las receberas que aportarán los materiales necesarios para la construcción ubicadas en los municipios de: Tenjo, Cota, Madrid y Subachoque, localizadas sobre ella. Así mismo, se contempla como corredor vial las vías a través de las cuales se transportarán los residuos producidos por la planta en el momento de operación desde el punto de localización hasta el relleno sanitario, con un radio de influencia directa de 150 m a cada costado de dichas vías. Este corredor vial incluye las vías desde la salida de Bogotá por la Autopista a Medellín hasta el sitio del relleno, usando carretables de los municipios de Cota, Funza, Mosquera y en el futuro Soacha.

El uso de la tierra en el corredor vial de la planta de El Salitre es el siguiente: actividades agrícolas, predios en engorde y actividades agroindustriales.

1.8.3.2. Planta Fucha

Estará ubicada en predios de La hacienda La Magdalena, en la localidad de Kennedy, abajo de la desembocadura del río Fucha en el río Bogotá. En un radio de 300 m en las riberas del río Bogotá y del río Fucha se encuentra una zona de características rurales con cultivos de pastos y ganadería con destinación lechera, en esta área en el extremo sur del margen izquierdo, se ha proyectado una zona destinada para servicios metropolitanos (Acuerdo No.6 de 1992) y para la laguna de amortiguación de La Magdalena, así mismo se encuentra prevista por la Avenida Ciudad de Cali en la intersección con la Carretera Central del Occidente, la construcción de la Zona Franca. Frente al sitio de localización de la planta, cruzando el río Bogotá, se encuentra ubicada la Hacienda El Sosiego, en jurisdicción del municipio de Mosquera.

COMPONENTE GEOSFERICO

En la Localidad de Kennedy el uso del suelo es residencial con densidades media y alta de viviendas, el uso comercial e industrial se da en el barrio El Recodo, Petaluma y Calle 13 con Avenida 68, barrio La Alquería, La Fragua y Las Delicias. El uso del suelo en la Localidad es el siguiente: residencial: 1.262,23 ha (65%), comercial: 454,44 ha (23,2%), industrial: 213,25 ha (11,8%). La Localidad presenta los siguientes estratos: estrato 1: 4.190 hab; estrato 2: 261.364 hab; estrato 3: 221.822 hab y estrato 4: 65.172 hab. En el sitio puntual de la planta, el suelo son los cultivos de pasto, por tratarse de una hacienda.

En el área que corresponde a la Localidad de Fontibón el uso del suelo es la vivienda y actividades industriales, presentándose una gran dificultad en deslindar la zona industrial de la residencial. Sin embargo en la zona sur y occidental de Fontibón el uso actual del terreno es principalmente industrial (destacándose la construcción de la Zona Franca de Bogotá, lo que permite pensar que en el futuro esta zona será de gran importancia para el sector comercial).

Los antecedentes del uso que tenía el predio y sus alrededores inmediatos era el de una hacienda con características rurales y dedicada a la ganadería con destinación lechera, donde se sembraba pastos manejados para el ganado.

La proyección del uso, y de acuerdo con la zonificación y tratamientos del Acuerdo 6 de 1990 y del Decreto 319/92, por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Físico del Borde Occidental de la ciudad de Bogotá, D.C.; se considera que los alrededores del lugar donde quedará ubicada la planta de tratamiento de aguas residuales de Fucha esta destinada a ser una zona de servicios metropolitanos, consistente en el desarrollo del parque Laguna de La Magdalena a cargo de la E.A.A.B. De igual manera se estima que para todo en área adjunta esta planta no se presentará presión alguna sobre estos lotes.

- ◇ **Corredor Vial:** Para llegar a la planta de tratamiento de Fucha se utilizará la Avenida Ciudad de Cali, la cual será empleada para el transporte de materiales y para el tráfico de automóviles y automotores pesados. De igual forma, se contempla como corredor vial, las vías a través de las cuales se transportarán los residuos producidos por la planta en el momento de operación desde el punto de localización de la planta hasta el relleno sanitario, con un radio de influencia directa de 150 m a cada costado de dichas vías. Este corredor vial comprende la Avenida Ciudad de Cali hasta la intersección con la Carretera Central del Occidente que conduce al municipio de Mosquera, tomando la variante hacia los futuros rellenos sanitarios, atravesando

por las veredas Serrezuela, Balsillas y Fute del municipio de Mosquera. En la intercepción de la Avenida Ciudad de Cali y la carretera central del Occidente, dentro del margen de los 150 m de área de influencia directa está en construcción la Zona Franca.

El uso de la tierra en el corredor vial de la planta del Fucha se caracteriza por presentar altos índices de urbanización pirata, presencia de zonas industriales, potreros de engorde y zonas agrícolas.

1.8.3.3. Planta del Tunjuelo

Se proyecta su construcción sobre la margen occidental del río Bogotá en predios de la vereda La Victoria, jurisdicción del municipio de Mosquera, abajo de la desembocadura del río Tunjuelo en el río Bogotá. En un radio de 300 m, en la ribera del río Bogotá y el río Tunjuelo se encuentra una zona de características rurales con cultivos de hortalizas y ganadería con destinación lechera. Frente al sitio de localización de la planta, sobre la margen oriental del río Bogotá, se ubican predios rurales pertenecientes a la vereda Bosatama, jurisdicción del municipio de Soacha. Sobre la margen derecha del río Tunjuelo y sobre la margen izquierda del río Bogotá, frente al sitio de construcción de la planta, se encuentran predios de características rurales en la vereda de San Bernardino de Bosa, ahora barrio del mismo nombre de esta Localidad, que conserva características de zona rural, con tendencia a la construcción ilegal en los predios cercanos a la ribera del río.

En el área del proyecto el suelo es destinado a los cultivos de pasto, hortalizas y a la actividad ganadera; en la zona de las veredas de Bosatama y San José (Soacha) predominan las actividades agrícolas, especialmente hortalizas y pastos.

En el área que corresponde a la Localidad de Bosa (Bogotá, D.C.) el suelo está destinado a vivienda suburbana. Al norte de la Localidad se localizan 64 barrios en áreas que antiguamente eran agrícolas, actualmente se encuentra una combinación de usos agrícolas, con asentamientos de vivienda. La Localidad presenta los siguientes estratos: estrato 2: 143.506 hab; estrato 3: 79.507 hab. En el centro de la Localidad se ha generado un aumento de viviendas ilegales, generándose un aumento de establecimientos comerciales y la proliferación de inquilinatos. En toda la Localidad se encuentra dispersa la actividad industrial, especialmente localizada sobre la Autopista Sur (68 industrias, de cementos,

cosméticos, chocolates y gaseosas entre otras). En el sitio de influencia directa del proyecto la tendencia del suelo es agrícola con presión del desarrollo.

Los antecedentes del uso del predio donde quedará ubicada la planta de tratamiento del Tunjuelo era el mismo que presenta hoy en día: suelo destinado al pasto manejado para el hato ganadero con propósito lechero. Alrededores del predio se podría encontrar la rotación de potreros entre el cultivo de hortalizas (principalmente zanahoria y repollo) el cultivo de papa (poco frecuente) y pastos para ganadería con destino para leche.

De acuerdo con el Acurdo No. 33 de 1979, emanado de la CAR., por el cual se adopta el Estatuto de Zonificación correspondiente al territorio de jurisdicción de la CAR, conforme a los estudios del mejor uso de las tierras, dentro del marco del Plan Maestro; se considera que el área donde quedará la planta y los alrededores del lugar están destinados a ser una zona rural de reserva correspondiente a la rinde del río Bogotá.

La proyección del uso, teniendo en cuenta el actual, se estima que para esta misma área alrededor de dicha planta se presentará una presión urbanística, donde se resalta la construcción y edificación de unidades residenciales y/o conjuntos habitacionales.

- ◇ **Corredor Vial:** Para llegar al sitio de construcción de la planta se construirá una vía interveredal que comunicará con el relleno sanitario. Dicha vía atravesará la vereda La Victoria y parte de la vereda del Fute (municipio de Mosquera) inicialmente y posteriormente se conectará con el relleno sanitario ubicado en la vereda Canoas del municipio de Soacha.

El uso de la tierra en el corredor vial de la planta de Tunjuelo se caracteriza por el desarrollo de actividades agrícolas y ganaderas.

1.8.3.4. Relleno de Mondoñedo

Este predio se encuentra ubicado en la vereda del Fute en el municipio de Mosquera. En un radio de 300 m del punto de localización del relleno sanitario se encuentra una concentración de población de aproximadamente 25 personas que conforman cuatro familias y que están ubicadas dentro del relleno botadero de basuras de Mondoñedo, en un área aproximada de 1 Km² llamada por los pobladores "Zabriskie Point".

En la zona del relleno sanitario de Mondoñedo, la tierra presenta una tendencia actual y futura a la disposición de desechos, en sus alrededores la actividad se orienta a la explotación de material para la construcción.

Los anteriores usos que tenía el predio donde quedará dicho relleno sanitario, era el de conservación de vegetación nativa achaparrada y sin un estrato arbóreo muy desarrollado; debido a la presión antrópica y a la extensión de la agricultura, esta área fue deforestada y cambiada por pastos naturales, terminando con el uso que tiene hoy en día.

La proyección del uso y teniendo en cuenta el uso actual del área, después de la vida útil del relleno, el uso proyectado para esta zona es la posible creación y construcción de un parque recreativo y deportivo; de acuerdo a la entidad rectora de este recurso, la CAR.

1.8.3.5 Relleno de Canoas

Después del cierre del anterior relleno sanitario, los lodos se dispondrán en un predio ubicado en la vereda El Charquito (municipio de Soacha) donde se encuentra localizada la hacienda Canoas Gómez, de la cual se dispondrán predios para la localización del relleno sanitario, predio caracterizado por encontrarse actualmente en una zona completamente rural, en la cual no se encuentran localizados asentamientos humanos.

En la vereda El Charquito (municipio de Soacha) el uso actual del suelo esta destinado al cultivo de pastos y hortalizas.

Los antecedentes del uso que tenía el predio de este relleno, era el mismo que tiene hoy en día debido a que el área siempre a pertenecido a haciendas grandes, donde los terratenientes han usado estos suelos en los hatos ganaderos y lecheros.

La proyección del uso y teniendo en cuenta el uso actual que se esta dando en el área, se calcula que el área presentará una presión urbanística, donde se resalta la construcción y edificación de unidades y conjuntos habitacionales.

En el **Cuadro No. 1.20** se observa el resumen del uso actual y la presión proyectada del uso para los predios del área de influencia del proyecto.

CUADRO No. 1.20. Resumen el uso actual y la presión proyectada del uso para los predios del área de influencia directa del proyecto.

PREDIO	ÁREA DEL SECTOR INMEDIATO	USOS	Actividad	Presión Actual
Salitre	235 ha 4 predios	Pastos para ganadería.	Pecuaría	Urbanística en la edificación de conjuntos habitacionales
Fucha	56 ha 4 predios	Cultivos permanentes.	Agrícola	No tiene
Tunjuelo	120 ha 1 predio	Pastos y algunos cultivos transitorios	Pecuaría (73%) Agrícola (27%)	Urbanística en la edificación de conjuntos habitacionales
Mondoñedo	40 ha 1 predio	Vegetación en sucesión ecológica		Ninguna
Canoas	345 ha 3 predios	Pastos y cultivos permanentes	Pecuaría (50.7%) y agrícola (49.3%)	Urbanística en los alrededores y hacia el municipio de Soacha.

El uso actual de las tierras y la cobertura vegetal del área de influencia en la hoya alta y baja se puede observar en detalle en el mapa COBALTA.DWG. y COBBAJA. DWG. De la misma manera el mapa de suelos y su aptitud de uso se detalla en los mapas APTIALTA.DWG. y SUEZONBA.DWG. en el Tomo IV - Anexo 23.

PARTE DOS

3. COMPONENTE HÍDRICO

3.1. RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL

- 3.1.1. Hidrografía
- 3.1.2. Usos del agua
- 3.1.3. Caudal del Río Bogotá y sus Afluentes
- 3.1.4. Sistemas de Drenaje de Santafé de Bogotá
- 3.1.5. Estimación del Caudal de aguas Negras de la Ciudad

3.2. RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO

- 3.2.1. Sabana de Bogotá
- 3.2.2. Hoya Baja del Río Bogotá

3.3. CALIDAD DEL AGUA

- 3.3.1. Calidad del Agua del Río Bogotá y sus Afluentes
- 3.3.2. Calidad del Agua del Río Magdalena
- 3.3.3. Calidad del agua del Municipio de Agua de Dios
- 3.3.4. Composición de los Lodos del Río Bogotá en su Hoya Baja
- 3.3.5. Calidad del Agua Subterránea

3. COMPONENTE HIDRICO

3.1. RECURSO HIDRICO SUPERFICIAL

3.1.1. Hidrografía

Todo el sistema hídrico de la zona de estudio, está ligado al río Bogotá, que es el drenaje natural de toda la Sabana de Bogotá, y por lo tanto, receptor de las aguas negras y lluvias generadas en dicha zona.

La hoya del río Bogotá forma parte de la gran cuenca hidrográfica del río Magdalena. El río Bogotá nace en el Páramo de Gachaneque a una altura de 3.200 msnm, desemboca en el río Magdalena en las cercanías de Girardot, después de recorrer una distancia aproximadamente de 245 km y drena un área calculada en aproximadamente 585.000 ha.

El río Bogotá atraviesa el Departamento de Cundinamarca en sentido nororiente - suroccidente y en su recorrido se diferencian tres sectores bien definidos por sus características topográficas y climáticas, dando origen a las Cuencas: Alta, Media y Baja.

En la hoya alta las aguas son tranquilas y de régimen meándrico, debido al relieve plano de la Sabana de Bogotá. En la cuenca Media es torrencioso debido a la gran caída, (más de 2.000 m), en un trayecto corto, que lo convierte en un río de régimen erosional típico. En la Cuenca Baja vuelve a ser sereno por correr sobre una zona de baja pendiente.

En la hoya alta existen obras de regulación y control de inundaciones del río como: jarillones a lo largo de sus orillas, rectificación del cauce y represamiento de algunos de sus afluentes. Las anteriores obras tratan de regular el caudal del río o de establecer barreras que impidan su desbordamiento en épocas de invierno; sin embargo, en 1979 debido a la falta de obras de protección su desbordamiento causó graves daños a la Sabana.

La hoya alta es la más importante desde el punto de vista hidrológico porque el río Bogotá y sus afluentes conforman una vasta red de drenaje en la Sabana, suministran agua a las poblaciones, a los cultivos y a la ganadería de las tierras adyacentes y se utilizan para la producción de energía eléctrica. Las lagunas y los pantanos sirven de reguladores de caudales al recibir los excesos de agua que llevan los ríos, y suministran gran parte del agua de riego utilizada en la Sabana.

Además de lagunas y pantanos, la hoya alta cuenta con 6.372 ha cubiertas por las aguas de los embalses, los cuales aparte de regular los caudales de los ríos y de proveer recreación y turismo, abastecen de agua a acueductos y plantas de producción de energía.

En la hoya baja, la red hidrológica no es muy densa y la mayoría de las corrientes son de lecho profundo y valles, que dificultan el suministro de agua para consumo humano y otros usos. Además, los caudales cada vez se presentan más menguados por la tala incontrolada de los bosques en la parte alta de la cuenca.

Toda la hidrografía del área forma un drenaje de tipo dendrítico con varias quebradas que riegan la región como son: los ríos Calandaima, Apulo y Viotá, y las quebradas Cuy, Zanjas, Santa Marta, La Paz, Campos, La Ardita, Ismo, Puna entre otros, los cuales vierten sus aguas al río Bogotá el cual pertenece a la gran cuenca hidrográfica del río Magdalena.

Las principales corrientes son concurrentes con un patrón de drenaje subangular a angular paralelo con un marcado control estructural (**Figura No. 3.1**).

Los cuerpos de agua tienen su origen en las zonas altas de la parte cordilleral que limita la cuenca, donde se condensan las nubes cargadas de humedad que diariamente ascienden desde las llanuras cálidas del río Magdalena; por tanto en la franja premontina nacen numerosas quebradas que tributan sus aguas a las principales quebradas del área.

3.1.2. Usos del Agua

La hidrología del río Bogotá ha sido profundamente transformada, como consecuencia del aprovechamiento de sus aguas para diversos fines y de sus respectivas obras de infraestructura. Las principales modificaciones que inciden en el régimen de sus caudales son:

- La construcción de 7 embalses de regulación en sus principales afluentes, con una capacidad útil total de 940,7 Mm³ (**Cuadro No. 3.1**). De éstos, los embalses del Sisga, Neusa y Tominé, con una capacidad de 888 Mm³, tienen por objeto regular las aguas de la parte superior de la hoya alta para garantizar el suministro al sistema de acueducto de Bogotá y, secundariamente, la producción de energía. A su vez, los pequeños embalses de La Regadera, Chisacá y Tunjos, sobre el Tunjuelo, se utilizan básicamente para suministro de agua al suroriente de la ciudad. Finalmente, el Embalse del Muña, con una capacidad útil de 41,4 Mm³, almacena aguas del río Bogotá para generación de energía.

CUADRO No. 3.1 - Embalses del Sistema del Río Bogotá

Embalse	Río	Capacidad útil (Mm ³)	Embalse Muerto (Mm ³)	Area Cuenca (Km ²)	Año Entrada Operación	Propietario
Tominé	Tominé	690,0	14,7	354,0	1962	EEB
Neusa	Neusa	102,0	0,7	140,0	1952	CAR
Sisga	Sisga	96,0	5,5	145,0	1951	CAR
Muña	Muña	41,4	1,0	121,0	1944	EEB
Regadera	Tunjuelo	4,1	0,1	163,3	1937	EAAB
Chisacá	Tunjuelo	4,8	0,03	88,6	1950	EAAB
Tunjos	Tunjuelo	2,4	1,0	3,8	1959	EAAB
Chuza	Chuza	227,0	30,0	250,0	1985	EAAB
S. Rafael	Teusacá	⁽¹⁾ 65,0	10,0			EAAB
Total		1.225,7	62,53			

Fuente: EEB. Todas son presas en tierra

⁽¹⁾ En construcción

- La desviación de las aguas del Macizo de Chingaza (ríos Chuza, Blanco y Guatiquía, de la cuenca del Orinoco y llanos orientales) con destino al acueducto de la ciudad, para lo cual se utiliza el embalse de Chuza, localizado en el Páramo de Chingaza, con una capacidad útil de 220 Mm³. Estas aguas son tratadas en la planta Wiesner, cuya capacidad máxima es de 14 m³/s. En la actualidad se trabaja en la construcción del embalse de San Rafael, en La Calera, con una capacidad de 65 Mm³, destinado a almacenar agua proveniente del embalse de Chuza.
- Las aguas reguladas en los embalses del Sisga, Neusa y Tominé son tratadas en la planta de Tibitó, la cual tiene una capacidad máxima de 11 m³/s, y luego son bombeadas al acueducto de Bogotá, lo cual disminuye considerablemente los caudales en un buen tramo del río Bogotá entre Tibitó y la ciudad. Esta situación fue especialmente crítica hasta 1986, año a partir del cual se trata y bombea sólo un caudal de 3,5 a 4 m³/s. La del río Tunjuelo, debido a que las aguas reguladas en los embalses de La Regadera, Chisacá y Tunjos son enviadas a la planta de tratamiento de Vitelma, cuya capacidad máxima es de 1,5 m³/s (1,2 para las aguas de estos embalses y 0,3 para las del río San Cristóbal).
- La descarga de las aguas residuales de la ciudad en el río Bogotá le devuelve los caudales captados en Tibitó y en Vitelma, incrementados con los caudales desviados del páramo de Chingaza. En consecuencia, a partir de la ciudad, el río presenta unos caudales superiores a los correspondientes a su régimen natural.

Los principales usos de las aguas del río Bogotá son entonces, los siguientes:

- Abastecimiento de Agua Potable

Para este fin se dispone de las tres plantas de tratamiento mencionadas, con una capacidad total de 26,5 m³/s. Además de los embalses de regulación arriba mencionados, la EAAB adecuó un pequeño embalse en las cercanías del Parque de Sopó donde capta las aguas del Teusacá para llevarlas a las dársenas de Tibitó, mediante dos unidades de bombeo de 3,5 m³/s de capacidad cada una. Esta operación puede ejecutarse sólo en invierno, pues en verano el río trae aportes mínimos que son utilizados para riego. En la actualidad, el acueducto de Bogotá consume un total de 17,5 m³/s, distribuidos así: 3,7 del río Bogotá (planta de Tibitó), 1 del Tunjuelo, 0,3 del San Cristóbal (planta de Vitelma y otras menores) y 12,5 del Chingaza (planta Wiesner) según datos de la EAAB, aproximadamente el 40% de este caudal se pierde por conexiones fraudulentas y pérdidas técnicas.

- Energía

Para aprovechar la caída de aproximadamente 2.100 m existente entre la Sabana de Bogotá y la cuenca baja del río, se han construido dos cadenas de generación eléctrica. El embalse del Muña, localizado en las vecindades de Alicachín, almacena los caudales del río y sirve de toma para la cadena de generación principal. Las turbinas de generación y las bombas que descargan al embalse del Muña utilizan en períodos de estiaje un caudal que puede considerarse como un 40% de las aguas negras crudas. La primera cadena de generación se inició en 1900 con la central de El Charquito (19 Mw), la cual fue complementada con las centrales de Canoas (50 Mw), El Salto I (56,5 Mw), El Salto II (70 Mw), Laguneta (80 Mw) y Darío Valencia (300 Mw), para un total de 575,5 Mw. La segunda cadena, denominada Proyecto Mesitas, posee la mayor caída bruta total aprovechada, de 1.925 m, repartida en dos centrales consecutivas dispuestas en cascada, El Paraíso y la Guaca, con una capacidad conjunta de 600 Mw. Estas centrales utilizan la capacidad reguladora de los embalses del Sisga, Neusa, Tominé y Chuza en forma indirecta (a través de las aguas usadas por los habitantes de la ciudad).

El principal efecto de este uso sobre el río es la disminución de sus caudales aguas abajo del Embalse del Muña, hasta el sitio de descarga de la central de La Guaca, a 642 msnm. En este tramo, el río presenta un cauce semiseco, sobre todo en época de verano, cuando prácticamente la totalidad del caudal es derivado por los túneles de carga de las hidroeléctricas mencionadas. En invierno, los picos superan ampliamente la capacidad de generación instalada y de bombeo del Muña y, al no poderse represar por el peligro de inundaciones, son evacuados río abajo. De por sí, la presencia de las compuertas de Alicachín ya genera un importante efecto de remanso en un apreciable tramo aguas arriba de las mismas.

- Riego

Las aguas del río Bogotá se aprovechan extensivamente para riego, tanto en la Sabana como en la Cuenca Baja. El cálculo de los caudales utilizados para riego es muy difícil de determinar, aunque, para fines prácticos y de acuerdo a la experiencia, se ha estimado que el 20% del volumen descargado en los embalses no llega a Alicachín por su uso en riego y por pérdidas en el sistema de acueducto. No obstante, el uso de las aguas contaminadas del río Bogotá para abrevaderos genera impactos apreciables sobre la calidad de los alimentos.

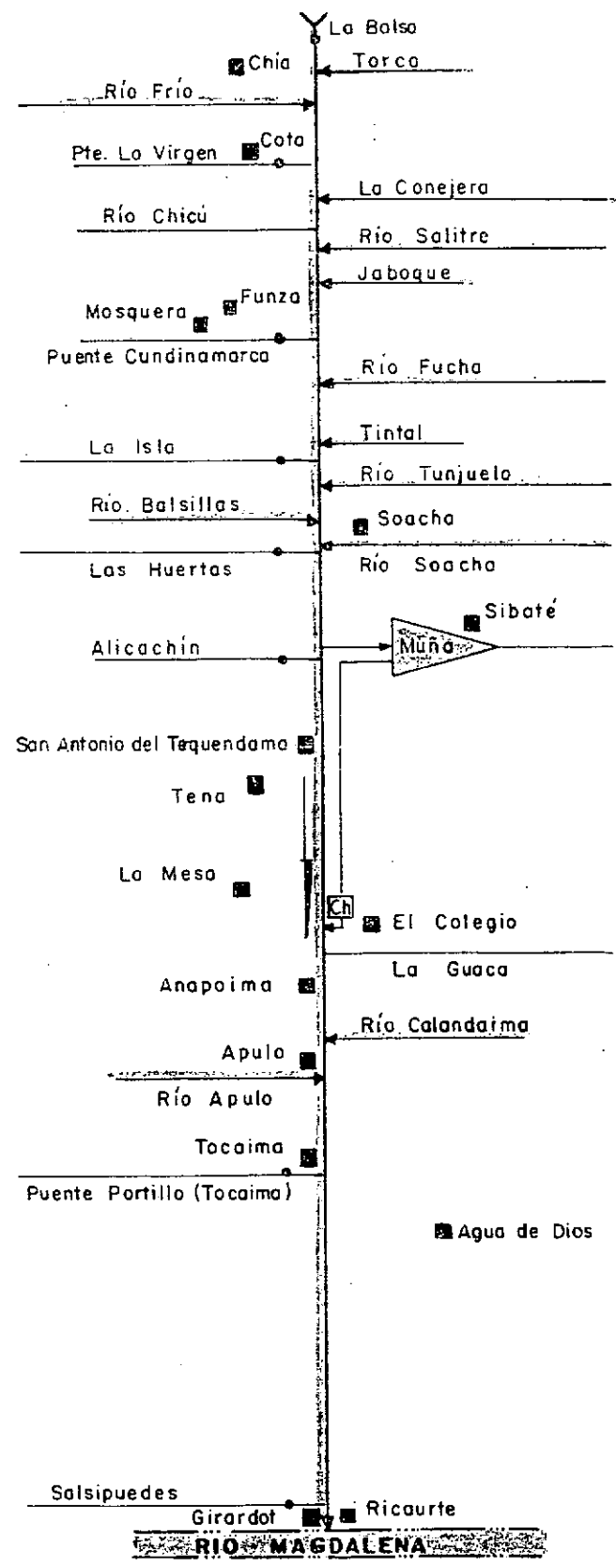
La operación combinada del sistema de embalses con las demás obras hidráulicas de la Sabana para la óptima regulación del río Bogotá es bastante compleja, por la distancia entre los diferentes puntos de control y por otra serie de factores variables que es necesario considerar (caudales necesarios y aprovechables en Tibitó para el acueducto, caudales requeridos para generación en Alicachín, consumos de otros usuarios a lo largo del río, necesidad de evitar inundaciones y otros). La localización de las infraestructuras mencionadas se muestra en la **Figura No. 3.2**

3.1.3. Caudales del Río Bogotá y sus Afluentes

El caudal medio del río Bogotá varía de $10,7 \text{ m}^3/\text{s}$ en Vuelta Grande, inmediatamente aguas arriba de la descarga del río Juan Amarillo, a $32,5 \text{ m}^3/\text{s}$ en Las Huertas, aguas abajo de la última descarga de Bogotá (río Tunjuelo), siendo la diferencia ($21,8 \text{ m}^3/\text{s}$), correspondiente en su mayor parte, a las aguas residuales de la ciudad. Los caudales mínimos del río (aquellos que son excedidos el 97,5% del tiempo), son aproximadamente un 20% del caudal medio, aunque en la hoya baja (puente Portillo), los caudales mínimos son mayores con respecto al caudal medio debido al efecto estabilizador que representan las aguas negras de Bogotá.

Los caudales máximos registrados en el río Bogotá están limitados por la altura de los jarillones de confinamiento del río, que cuando se supera, produce desbordamiento.

El **Cuadro No. 3.2** muestra los caudales mínimos medios (excedidos en el 97,5% del tiempo), los caudales medios y los caudales máximos medios (excedidos en el 2,75% del tiempo), calculados a partir de las curvas de duración de los caudales medios diarios.



	<p>ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.</p>		<p>CONSEJO de Ambiente</p>
	<p>DEPARTAMENTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE</p>	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</p>	
<p>ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA HIDRICO DEL AREA DE INFLUENCIA DE EL RIO BOGOTÁ</p>			<p>3.2</p>

CUADRO No. 3.2 - Caudales característicos del río Bogotá para diferentes tiempos de excedencia (m³/s)

Estación	Q mínimo medio (t > 97.5%)	Q medio (t = x)	Q máximo medio (t > 2.75%)
Río Bogotá			
Vuelta Grande ⁽¹⁾	1,9	10,7 (60%)	24,0
Pte. Cundinamarca ⁽¹⁾	3,5	16,2 (20%)	44,0
El Rincón ⁽¹⁾	7,5	25,5 (40%)	58,0
La Isla ⁽¹⁾	8,0	26,0 (65%)	49,5
Las Huertas ⁽¹⁾	7,0	32,5 (75%)	92,0
Puente Portillo ⁽¹⁾	16,0	43,0 (33%)	164,0
Salsipuedes		46,0	
Río Salitre ⁽²⁾		5,5	
Río Fucha ⁽²⁾		9,0	
Río Tunjuelo ⁽²⁾		4,0	
Río Calandaima ⁽³⁾		2,0	
Río Apulo ⁽³⁾		4,0	

⁽¹⁾ 1983 - 1992 ⁽²⁾ EAAB, datos parciales ⁽³⁾ CAR, 1980 - 1991

Fuente: Estrategia de descontaminación del Río Bogotá. EPAM LTDA - 1993

Además, se han incluido los caudales medios de los ríos Salitre, Fucha y Tunjuelo, antes de su desembocadura en el Bogotá, aunque se debe advertir que la información hidrométrica sobre estos últimos es insuficiente. También se han incluido los caudales de los ríos Apulo y Calandaima, afluentes de la hoya baja, por su interés desde el punto de vista de la dilución de la contaminación.

- Caudales de Estiaje del Río Bogotá

Con el fin de conocer la capacidad de dilución del río Bogotá en diferentes sitios y para diferentes condiciones críticas de verano, se analizaron caudales de estiaje con duraciones de 1, 3, 5, y 15 días, para diferentes períodos de retorno. El **Cuadro No. 3.3** muestra un resumen de estos cálculos.

- Crecientes del Río Bogotá

La evaluación de crecientes con diferentes períodos de retorno a lo largo del río Bogotá, se adelantó fundamentalmente con el propósito de relacionarlas con las inundaciones de aguas contaminadas, especialmente en las zonas bajas del río.

El **Cuadro No. 3.4** muestra los caudales de creciente con diferentes probabilidades de ser excedidos.

CUADRO No. 3.3 - Caudales de estiaje para diferentes duraciones y períodos de retorno (PR) (Caudales en m³/s)

Estación PR (años)	Duración					
	1 día	2 días	3 días	5 días	7 días	15 días
VUELTA GRANDE:						
2	0,89	1,59	2,57	2,58	2,59	2,78
5	0,28	0,35	0,40	0,50	0,66	1,23
10	0,02	0,03	0,20	0,20	0,40	0,55
20	0,005	0,008	0,10	0,15	0,35	0,50
PTE.CUNDINAMARCA:						
2	5,43	5,49	5,55	5,63	5,73	6,70
5	1,30	3,10	3,30	3,50	3,80	4,10
10	1,10	2,10	2,30	2,60	2,90	3,50
20	0,15	0,20	0,30	0,60	0,90	3,00
EL RINCON:						
2	6,78	8,07	8,32	8,52	8,82	10,49
5	4,64	6,08	6,17	6,29	6,47	8,00
10	3,73	5,23	5,25	5,34	5,48	6,93
20	3,06	4,61	4,78	5,10	4,74	6,15
LA ISLA:						
2	6,55	9,13	9,45	9,85	11,66	15,33
5	1,77	3,40	4,50	4,81	8,69	12,28
10	1,25	2,63	2,70	2,90	7,43	10,20
20	0,20	0,25	0,35	0,90	2,80	8,70
LAS HUERTAS:						
2	8,02	9,16	9,91	12,05	13,45	15,91
5	1,94	3,67	4,77	7,60	9,81	12,34
10	1,55	2,90	2,80	5,71	8,27	10,70
20	0,30	0,35	0,40	1,80	4,50	9,70

Fuente: Estrategia de descontaminación del Río Bogotá. EPAM LTDA - 1993

CUADRO No. 3.4 - Caudales máximos con diferentes probabilidades de ser excedidos (m³/s)

Estación	X	S	Probabilidades de Excedencia				
			0,04	0,05	0,10	0,20	0,50
V. Grande	53,1	22,0	108,7	103,9	88,9	73,3	49,6
P.C/marca	73,7	22,9	131,6	126,7	111,0	94,7	70,0
El Rincón	86,5	38,3	183,3	175,0	148,8	86,5	80,3
La Isla	93,9	24,0	154,7	149,5	133,0	115,9	90,0
Las Huertas	137,0	38,9	236,2	227,8	201,1	173,3	131,2

Fuente: Estrategia de descontaminación del Río Bogotá. EPAM LTDA - 1993

- Caudales del Proyecto Chingaza

El proyecto Chingaza fue concebido principalmente para aumentar el abastecimiento de agua potable para la ciudad de Bogotá, pero además sirve para la generación eléctrica a través del sistema de la Empresa de Energía de Bogotá (EEB), mediante la transferencia de agua del macizo de Chingaza, perteneciente a la cuenca del río Meta, hacia el río Bogotá.

El proyecto se ha planteado en dos etapas. La primera consiste en regulación en el embalse de Chuza y en la transferencia, a través de un sistema de túneles, de 14 m³/s, a ser tratados en la planta de F. Wiesner. Esta planta se encuentra operando a plena capacidad. Los caudales de retorno al río son utilizados para la generación de energía eléctrica, en las centrales de La Guaca y El Paraíso.

- Capacidad Hidráulica del Río Bogotá Actual

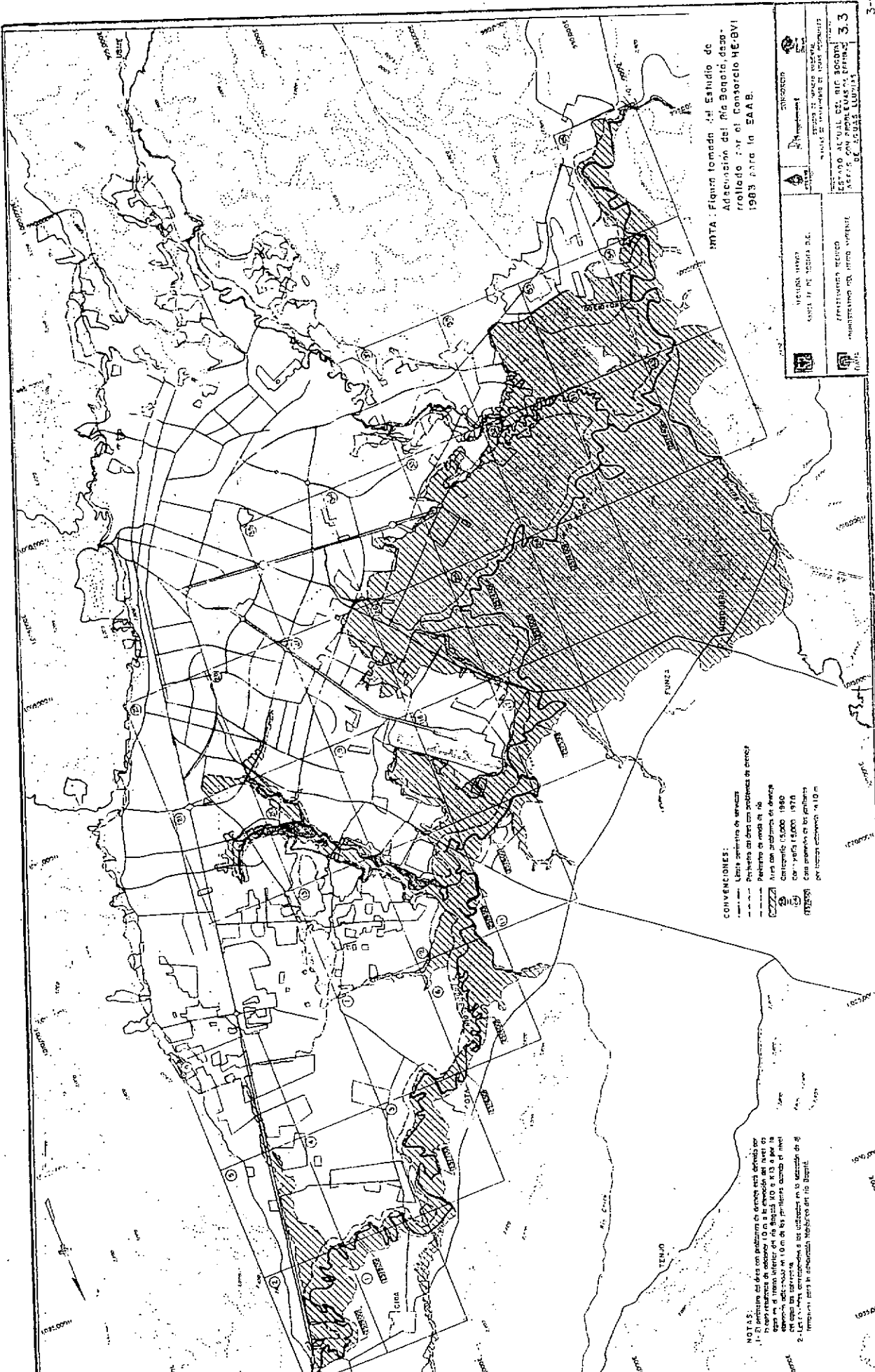
En 1983, el consorcio Hidroestudios - Black and Veatch realizó un estudio de la capacidad hidráulica del río Bogotá bajo condiciones actuales. Como resultado del mismo, se encontró que el río tiene capacidades variables en diferentes zonas, según las características de los jarillones construidos, los cuales han sido edificados en forma caprichosa o presentan puntos débiles que disminuyen su efectividad. La capacidad actual del río se puede apreciar en el **Cuadro No. 3.5**.

CUADRO No. 3.5 - Capacidad Hidráulica del Cauce Actual y Niveles de Protección Correspondientes

Estación	Caudal (m ³ /s)	Período de Retorno (Años)
Puente Canoas	160	4
Las Huertas	160	5
La Isla	140	12
El Rincón	140	8
Puente Cundinamarca	80	2.8
Vuelta Grande	80	6.5

El análisis del cuadro anterior muestra que a todo lo largo del río, se presentarán reboses e inundaciones con frecuencias que varían entre 2,8 y 12 años, que son incompatibles con cualquier uso fuera del agropecuario. En la **Figura No. 3.3** se presentan tales zonas susceptibles de inundación por el río.

Lo anterior tiene implicaciones en la construcción de las plantas de tratamiento de El Salitre, Fucha y Tunjuelo, ya que las tres estarán ubicadas en zonas



INTA - Figura tomada del Estudio de
 Adquisición del Río Bonito, desde
 rollo del Correo HE-8VI
 1983 para la E.A.B.

VICENTE VARELA SECRETARIO DE ESTADO DE AGRICULTURA MINISTERIO DEL INTERIOR	VICENTE VARELA SECRETARIO DE ESTADO DE AGRICULTURA MINISTERIO DEL INTERIOR	VICENTE VARELA SECRETARIO DE ESTADO DE AGRICULTURA MINISTERIO DEL INTERIOR
VICENTE VARELA SECRETARIO DE ESTADO DE AGRICULTURA MINISTERIO DEL INTERIOR	VICENTE VARELA SECRETARIO DE ESTADO DE AGRICULTURA MINISTERIO DEL INTERIOR	VICENTE VARELA SECRETARIO DE ESTADO DE AGRICULTURA MINISTERIO DEL INTERIOR

CONVENCIONES:
 Línea punteada de servidumbre
 Línea con trazo de puntos de acceso
 Línea con trazo de puntos de acceso
 Área con servidumbre de acceso
 Calle 15,000 1980
 Calle 15,000 1976
 Calle 15,000 1976
 Calle 15,000 1976

NOTAS:
 1- El terreno del área con protección de acceso está dividido por
 2- El terreno del área con protección de acceso está dividido por
 3- El terreno del área con protección de acceso está dividido por
 4- El terreno del área con protección de acceso está dividido por
 5- El terreno del área con protección de acceso está dividido por
 6- El terreno del área con protección de acceso está dividido por
 7- El terreno del área con protección de acceso está dividido por
 8- El terreno del área con protección de acceso está dividido por
 9- El terreno del área con protección de acceso está dividido por
 10- El terreno del área con protección de acceso está dividido por

susceptibles de inundación, situación que solo será corregida cuando se realice la adecuación hidráulica del río Bogotá. Mientras tanto, la condición de inundabilidad deberá ser manejada mediante construcción de diques o realce del terreno de ubicación de las plantas.

3.1.4. El Sistema de Drenaje de Santa Fe de Bogotá

El río Bogotá es el curso de drenaje natural para todos los caudales de aguas superficiales, aguas lluvias y de aguas negras de la ciudad de Santa Fe de Bogotá. Tres cuencas, correspondientes a las áreas tributarias de los ríos Salitre, Fucha y Tunjuelo drenan la mayor parte de los sectores desarrollados de la ciudad. Se consideran además seis áreas independientes en la periferia de la ciudad que eventualmente drenan a alguna de las tres cuencas principales o al río Bogotá. Estas áreas son Torca, Conejera, Jaboque, El Dorado, Tintal y Soacha. La **Figura No. 3.3** muestra las cuencas y subcuencas de aguas negras dentro del área del proyecto.

El sistema de alcantarillado de la ciudad es combinado en su parte antigua y separado en la nueva. Sin embargo, hay una cantidad indeterminada de conexiones cruzadas que hacen que el sistema en su totalidad funcione como combinado.

- Cuenca del Salitre

La cuenca del río Salitre que drena la parte norte de la ciudad tiene un área total hasta su desembocadura en la laguna de Juan Amarillo de 13.964 ha. En su cabecera nacen diversas quebradas que a su vez dan origen a los canales que atraviesan la cuenca de oriente a occidente, recogiendo las aguas lluvias y concentrándolas en el canal del Salitre.

La cuenca del Salitre está dividida en tres subcuencas principales: Salitre, Córdoba y San Marcos. Las aguas negras en la subcuenca del Salitre se recolectan en los interceptores Río Negro, Río Nuevo, y Salitre; la subcuenca de Córdoba por los interceptores de la Uribe, El Cedro, Los Molinos, Britalia y Córdoba; y la subcuenca de San Marcos por el interceptor de San Marcos (**Figura No. 3.3**).

La subcuenca Salitre está bien desarrollada y drena parte del área de alcantarillado combinado, incluyendo varias quebradas de las montañas Orientales. Las aguas negras son de carácter doméstico ya que la contribución industrial es mínima.

La subcuenca de Córdoba comprende áreas urbanizadas de la ciudad servidas por un sistema de alcantarillado separado. El área contiene viviendas de ingresos altos y medios y la naturaleza de las aguas negras es básicamente doméstica.

La subcuenca de San Marcos está localizada en la parte occidental de la cuenca del Salitre y sirve viviendas recientemente desarrolladas de ingresos medios y bajo lo mismo que industrias livianas.

La cuenca de Torca drena el extremo nororiental de la ciudad y se caracteriza por estar limitada al norte por la zona cuyas tierras fueron clasificadas como las mejores para las actividades agropecuarias, AAA-I, zona ésta que el Distrito quiere preservar como área de actividad agrológica, pero cuyo uso está en buena medida definido hoy día por clubes deportivos, colegios y cementerios que, en principio, garantizan la conservación de zonas verdes con baja producción de escorrentía. Esta cuenca ha sido incluida dentro de la descripción de la del Salitre debido a que el interceptor del río Bogotá conducirá sus aguas hasta la planta de tratamiento de El Salitre.

El río Salitre es el colector final de las aguas negras y lluvias de la mayor parte de la mitad norte de la ciudad. Su tramo inferior, en una longitud de más de 7 km, presenta condiciones de alcantarilla abierta, una vez que empieza a recibir, a partir de la Avenida 68 con Autopista a Medellín, las descargas de aguas negras de los interceptores. Las condiciones ambientales sépticas resultantes constituyen una amenaza permanente para la salud de los habitantes ubicados a lo largo de este último tramo y alrededor de la laguna de Juan Amarillo. Esta última sirve como embalse de amortiguación, que reduce considerablemente los picos de las crecidas que llegan al río Bogotá.

La planta de El Salitre será alimentada por un sistema de alcantarillados que consiste en la Troncal Salitre y el Interceptor del río Bogotá, obras que forman parte del proyecto Santa Fe I, que será construido por la EAAB a partir de 1995.

- Troncal Salitre

Las aguas servidas de la hoya del Salitre serán recolectadas en el Interceptor Salitre, que será construido desde la Avenida 68 hasta la planta de tratamiento, en forma de box-culvert de dos celdas de 4 m x 1.80 m entre la Avenida 68 y la carrera 91, y como canal interceptor abierto entre la carrera 91 y la planta de tratamiento. Esta obra será construida por la ciudad en forma simultánea con la planta de tratamiento de El Salitre.

- Interceptor Río Bogotá

Este sistema recogerá las aguas negras del sector norte de la ciudad (Torca, Guaco y parte de Guaymaral) y de Suba y Tibabuyes y los entregará en el Canal Interceptor del Salitre. El Interceptor río Bogotá se iniciará como una tubería de 1,80 m de diámetro, que irá aumentando hasta 2,15 m de diámetro.

- Cuenca del Fucha

La cuenca del río Fucha, con una área de 16.390 ha de las cuales 10.350 ha son urbanas, se extiende en sentido oriente - occidente, y tiene en promedio una pendiente longitudinal algo mayor que la hoya del Salitre. Drena un área con pocas áreas verdes y está compuesta por los sistemas de los ríos San Francisco y Fucha, que recibe los canales de Comuneros, Río Seco y La Albina, además del área de Fontibón en las proximidades de su confluencia con el río Bogotá.

El interceptor del río Fucha está construido hasta la Avenida Boyacá, faltando cerca de 4 km para llegar a su desembocadura en el río Bogotá. La construcción de este tramo faltante aún no está incluida en los planes de la ciudad.

La cuenca del Fucha abarca la mayor actividad comercial e industrial de la ciudad. La cuenca está dividida en cinco subcuencas: Fucha, San Francisco, Del Sur, Kennedy y Fontibón. Los interceptores existentes son: Río Seco, Fucha, Las Américas, Comuneros y Albina en la subcuenca de Fucha; San Francisco, Boyacá y CAN en la subcuenca de San Francisco y los interceptores del Sur, Kennedy y Fontibón en sus subcuencas homónimas.

La subcuenca del Fucha tiene áreas con sistemas de alcantarillados separados y combinados, drena la mayor parte de la zona industrial de la cuenca y contiene tanto áreas de vivienda con ingresos bajos como medios.

La subcuenca de San Francisco capta las aguas negras de áreas residenciales y comerciales de ingresos medios y las industrias de Puente Aranda.

La subcuenca del Fucha tiene áreas de alcantarillado combinado y separado. Actualmente descarga una alta proporción de sus aguas negras al sistema de aguas lluvias.

La subcuenca del Sur contiene en su mayoría, áreas residenciales de ingresos bajos bordeando la cuenca del Tunjuelo. El carácter doméstico de los desechos se modifica fuertemente cerca al extremo bajo del área tributaria por los desechos de la fábrica de cerveza Bavaria.

La subcuenca Kennedy comprende desarrollos con ingresos medios y bajos y sus aguas negras son de origen doméstico; es un área satélite de Bogotá ya que un gran número de sus habitantes viajan hacia las áreas centrales de la ciudad durante el día.

La cuenca de Fontibón está definida por tierras bajas alrededor de la ciudad vieja de Fontibón. Tiene un sólo sistema de alcantarillado que se usa para aguas negras y como drenaje pluvial.

- Cuenca del Tunjuelo

La cuenca del río Tunjuelo presenta características que la diferencian significativamente de las demás cuencas urbanas. La cuenca del río Tunjuelo tiene hasta su desembocadura un área mucho mayor (41.427 ha) que la de las otras cuencas consideradas; el desarrollo urbano ha sido también diferente. Debido a la magnitud de las crecientes y con el fin de controlar las inundaciones, la EAAB construyó tres embalses en serie en la parte media para amortiguar las crecientes y ha hecho mejoras al cauce entre el tercer embalse y la desembocadura en el río Bogotá.

La cuenca del Tunjuelo contiene áreas residenciales, industriales y mixtas. La explotación de los materiales aluviales a lo largo del río Tunjuelo y las descargas directas de aguas negras domésticas e industriales causan una alta contaminación del río Tunjuelo. Solamente se ha construido hasta la fecha un interceptor en la cuenca que drena el área nororiental de la misma. Grandes áreas de la cuenca alta del Tunjuelo están todavía sin urbanizar.

Las obras requeridas para llevar el sistema de interceptores de aguas negras del Tunjuelo hasta el río Bogotá, aún no han sido definidas.

Dentro del programa Santa Fe I se han incluido los sistemas de alcantarillado del Tintal, que serán recolectados por el interceptor Cundinamarca y descargado al río Bogotá a través de una estación de bombeo.

También se han incluido en el programa Santa Fe I los interceptores de Limas, Alcantuz y Yomasa, situados en las cuencas media y alta del Tunjuelo.

- Áreas Periféricas

Las áreas periféricas de Conejera, Jaboque y El Dorado están localizadas en la margen oriental del río Bogotá a ambos lados del río Salitre. Estas áreas tienen actualmente desarrollos relativamente incipientes y tendrán gran potencial para

desarrollo futuro después de que las obras de control de inundaciones se construyan.

El desarrollo de Bogotá en la dirección sur promueve el crecimiento de Soacha. Este municipio está servido en la actualidad por el sistema de suministro de agua de Bogotá y puede eventualmente ser manejado como un sistema de alcantarillado separado o en conjunto con la cuenca del Tunjuelo.

En el **Cuadro No. 3.6** se presenta un resumen de las cuencas de drenaje de la ciudad.

CUADRO No. 3.6 - Cuencas de drenaje de Bogotá

Cuenca	Area Total (ha)	Area de drenaje urbano (ha)	%
1. Salitre	13.964	9.026	34,4
2. Fucha ⁽¹⁾	16.390	10.350	39,5
3. Tunjuelo	41.427	4.237	16,2
4. Torca	6.592	964	3,7
5. Conejera	2.646	173	0,7
6. Jaboque	1.112	328	1,2
7. El Tintal	3.831	414	1,6
8. Soacha		711	2,7
Total		26.203	100,0

⁽¹⁾ Incluido El Dorado

3.1.5. Estimación de Caudales de Aguas Negras de la Ciudad

- Cálculo de la Demanda de Agua

De acuerdo con cifras de la EAAB, los consumos domésticos per cápita de la ciudad son los siguientes:

⇒ Estrato 1	:	160 l/hab.día
⇒ Estratos 2-3-4	:	180 l/hab.día
⇒ Estrato 5	:	190 l/hab.día
⇒ Estrato 6	:	220 l/hab.día.

Estas cantidades han venido disminuyendo con el tiempo debido a la racionalización del consumo por efecto de las tarifas. Así, se estima que durante el último decenio el consumo promedio por cuenta disminuyó en cerca de 10 m³ por bimestre, tendencia que se espera continúe durante unos años más.

Con base en estos consumos unitarios y en la composición general por estratos de las cuencas de drenaje, se estimaron los consumos per capita medios y las

demandas netas de agua de uso doméstico que aparecen en el Cuadro No. 3.7 para los años 1991, 2000, 2010 y 2020.

CUADRO No. 3.7 - Consumos Actuales y Proyectados de Agua de Bogotá

Año	Habitantes (miles)	Consumo (m ³ /s)			
		Doméstico	Industrial	Comercial y Otros	Total
1991	5.130	10,34	0,89	1,45	12,68
2000	6.383	12,87	0,94	1,71	15,52
2010	7.807	15,71	1,01	1,81	18,5
2020	9.198	18,50	1,09	1,87	21,45

Fuente: Estrategia de descontaminación del Río Bogotá. EPAM LTDA - 1993

- Cálculo de los Caudales Medios de Aguas Negras

Con base en los consumos medios de agua de la ciudad se estimaron los caudales medios de aguas negras, constituidos por un caudal sanitario básico, calculado con base en caudales de retorno del 85% para aguas de uso doméstico y del 100% para usos industriales y comerciales; y por un caudal de infiltración y conexiones erradas de aguas lluvias, equivalentes a 0,1 l/s.ha. La suma de estos dos valores se adicionó en un 10% para tener en cuenta posibles errores en esta estimación. De esta manera se dispone de un dato bastante confiable para el diseño de las plantas de tratamiento. El Cuadro No. 3.8 muestra las estimaciones de caudales de aguas negras, con proyecciones hasta el año 2020.

CUADRO No. 3.8 - Caudales Medios de Aguas negras (m³/s)

Cuenca	1991	2000	2010	2020
Salitre	3,97	5,01	5,79	6,43
Fucha	6,42	7,07	7,64	8,04
Tunjuelo	3,13	3,85	5,05	6,11

Fuente: Estrategia de descontaminación del Río Bogotá. EPAM LTDA - 1993

3.2. RECURSO HIDRICO SUBTERRANEO

3.2.1. Sabana de Bogotá

Los acuíferos en la Sabana de Bogotá están conformados por las formaciones superiores del Grupo Guadalupe. Son areniscas de alta porosidad y fracturamiento interconectado. El espesor de estas unidades litológicas en el área es de alrededor de 600 m. Este acuífero se halla confinado entre conjuntos rocosos impermeables, en la parte superior se encuentra la Formación Guaduas,

con un espesor aproximado de 500 m; la infrayacen arcillas y lutitas de la Formación Guaduas y la Formación Villeta, cuyos espesores superan los 400 m.

Sobre estos conjuntos se encuentran los depósitos cuaternarios, que generan la topografía plana de la Sabana, depósitos con espesores superiores a los 200 m, constituidos por rocas en su mayoría impermeables, dentro de las cuales se encuentran acuíferos aislados de poca importancia.

La Sabana de Bogotá presenta un acuífero confinado entre rocas impermeables, conformando una estructura sinclinal, que tiende a cerrarse hacia el sur, en el valle del río Tunjuelo (**Figura No. 3.4**).

De las condiciones geológicas prevalecientes puede inferirse que se trata de una cuenca hidrogeológicamente cerrada, donde no existe entrada ni salidas de agua debido a que los acuíferos están completamente saturados, y no existe zona de descarga de éstos.

- Estructuras Geológicas

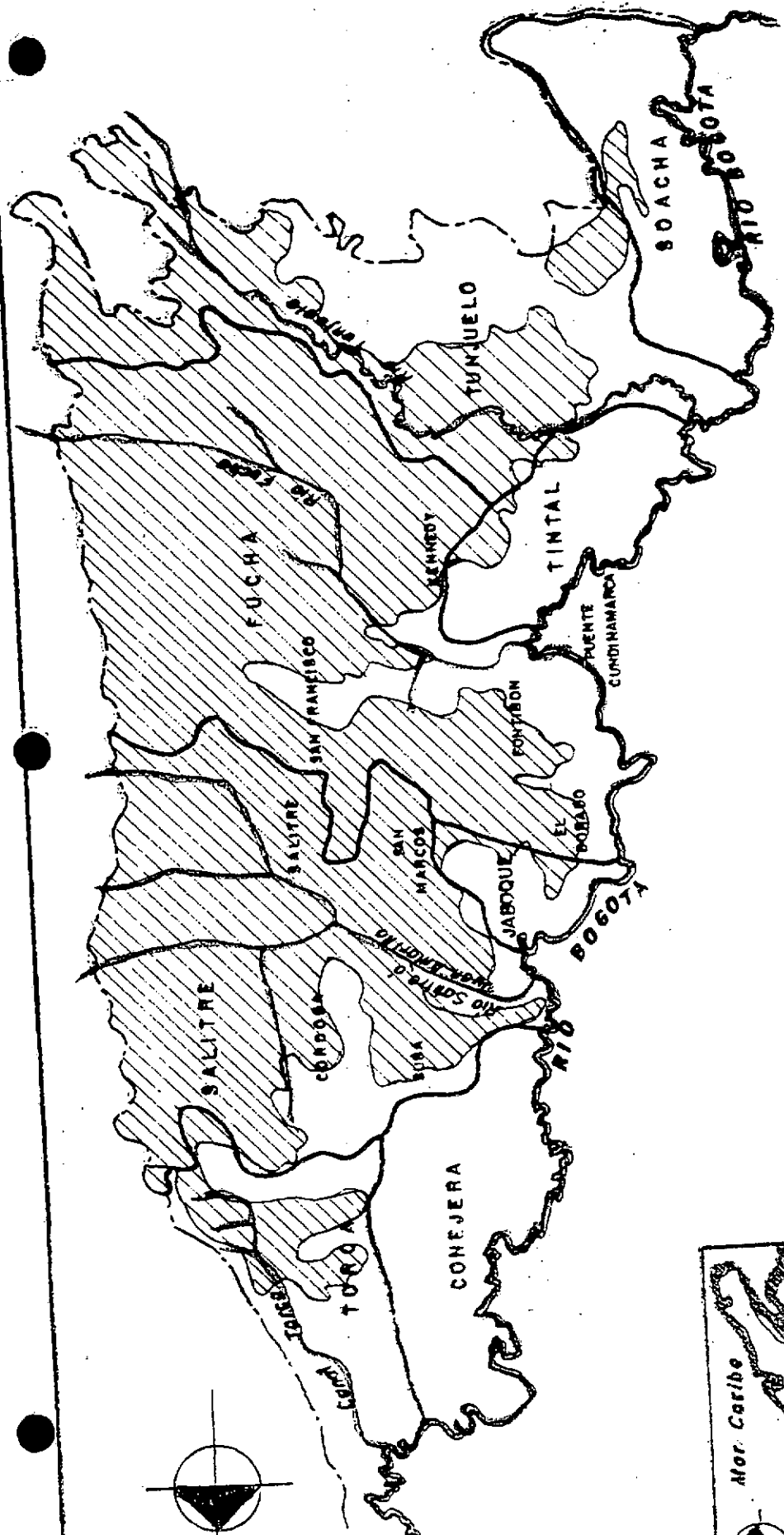
Debido a su origen como relleno de una antigua superficie irregular, la distribución y el espesor del relleno fluviolacustre de la Sabana es también irregular. Hacia sus extremos norte y noroccidental su litología es más arenosa y su espesor es en algunos casos menor de 100 m. En cambio hacia el extremo sur y suroccidental, su litología es principalmente en los sectores de Funza y Mosquera.

Las capas que componen el relleno son horizontales o ligeramente inclinadas en la dirección de su acumulación. Son además blandas y fáciles de perforar.

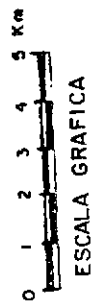
Los conjuntos más antiguos situados por debajo del relleno fluviolacustre que integran las Formaciones Terciarias y Cretácicas están más compactados, plegados y fracturados en diversas direcciones, debido a que estuvieron sometidos a los esfuerzos compresionales de la corteza que dieron nacimiento a la Cordillera Oriental.





La Sabana de Bogotá presenta factores geológicos poco favorables para la infiltración de grandes cantidades de agua en el subsuelo. Se puede observar cómo la cuenca está llena en gran extensión de sedimentos arcillosos y limosos de formación lacustre. Este material, abundante en la superficie de la Sabana y de muy baja permeabilidad, impide la infiltración de las aguas al subsuelo.

Sólo las áreas en donde se encuentran capas de cantos, gravas y arenas, poseen una permeabilidad suficientemente alta para que el agua pueda penetrar



- CONVENCIONES**
- DISTRICTO CAPITAL-SANTA FE DE BOGOTÁ
 - CUENCA PRINCIPAL
 - RIO BOGOTÁ
 - AFLUENTES
 - ▨ AREAS DE DESARROLLO ACTUAL



 <p>CONSORCIO</p>	 <p>ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.</p>	 <p>DEPARTAMENTO TECNICO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE</p>	 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA</p>
<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</p>	<p>HOYAS DE DRENAJE</p>	<p>3.4</p>	<p>3-19</p>

fácilmente en el subsuelo. La estructura de estas áreas son los aluviales depositados, los deltas, capas aluviales y acumulaciones de materiales de ladera; sin embargo, estos depósitos se encuentran en áreas receptoras angostas y generalmente localizadas en los extremos de la Sabana.

Las montañas que circundan la Sabana están formadas esencialmente de areniscas. Estos afloramientos de areniscas constituyen una vasta área de infiltración de las aguas meteóricas y superficiales. La rata de absorción es bastante variable y depende principalmente del agrietamiento de las rocas. Se considera que una cantidad apreciable de agua penetra por las areniscas altamente agrietadas y fluye, a través de diaclasas y grietas conectadas entre sí, hasta grandes profundidades dentro de la formación. La alta temperatura de las aguas termales, que brotan en varios sitios de la Sabana, sugiere la existencia de aguas subterráneas a más de 1.500 m de profundidad.

En el caso de la Sabana de Bogotá los factores meteorológicos son muy favorables para la penetración de las aguas en el subsuelo. La lluvia es abundante y generalmente de poca duración, lo que da la posibilidad al agua de infiltrarse en el terreno durante los inviernos. La temperatura es normalmente de 14°C y el grado de humedad relativa alta evita la evaporación rápida.

La influencia del hombre sobre la infiltración del agua es importante tanto positiva como negativamente. Las obras de reforestación, cultivos, canalizaciones, irrigaciones, etc. favorecen la retención de las aguas lluvias y producen un alto grado de infiltración. Por el contrario, el desarrollo de vastas áreas urbanas (pavimentación, construcción de edificios, alcantarillados, etc) produce grandes áreas de terreno impermeable y por lo tanto se reduce la infiltración y se afecta negativamente la escorrentía subsuperficial.

Por su composición arenosa y por su distribución, aflorando en las montañas y hundiéndose bajo la Sabana, las Formaciones de Guadalupe son las que tienen la mayor capacidad de almacenamiento de agua, y al mismo tiempo son las menos explotadas por su profundidad, de tal manera que guardan la principal reserva de agua de la región.

El relleno fluviolacustre de la Sabana es la fuente de agua subterránea sometida a la mayor explotación, no tanto por su capacidad de suministro sino por la accesibilidad de sus capas permeables con taladros medianos y pequeños. La parte superior del relleno, acumulada durante la fase lacustre final, contiene casi un 100% de arcillas impermeables (lodos de fondos lacustres), mientras que su parte inferior que estuvo más influenciada por los procesos glaciales fluvioglaciales, contiene una proporción variable pero significativa de capas de arenas y de grava sueltas y permeables, donde se aloja el agua que extraen la mayor parte de los pozos que han sido perforados en la Sabana.

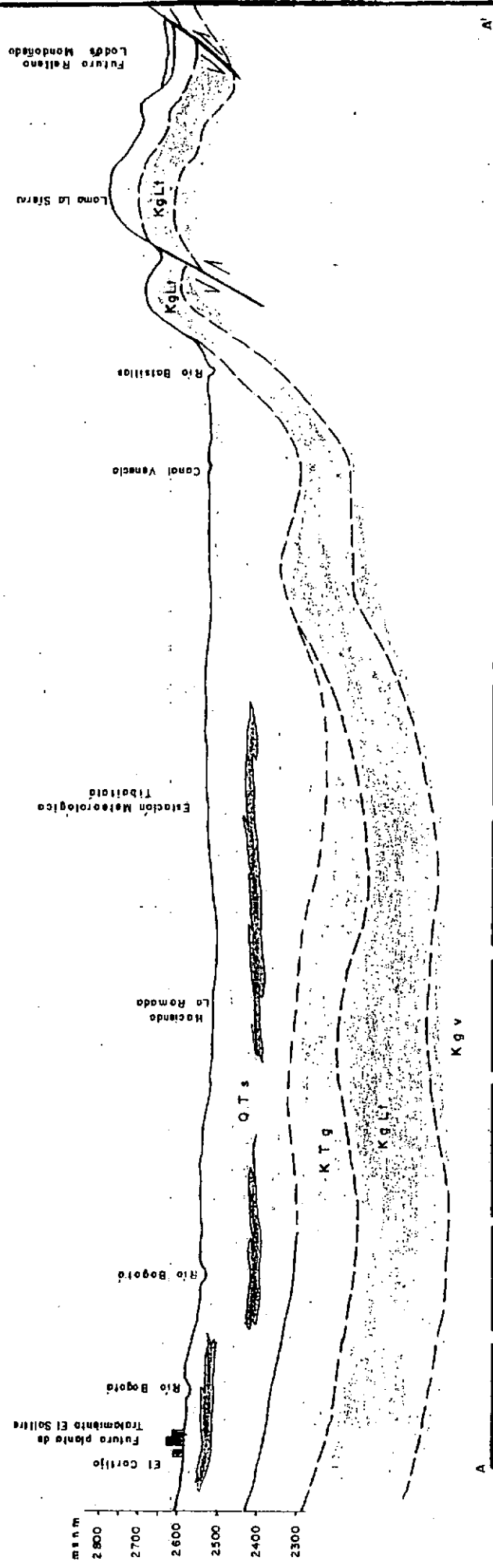
Debido al hecho de que la mayor parte de la superficie de la Sabana de Bogotá está formada por suelos arcillosos impermeables, la infiltración del agua que satura sus capas inferiores permeables solo puede ocurrir lateralmente desde los bordes del relleno fluvio lacustre, o en el contacto subterráneo del relleno con el Grupo Guadalupe o con las capas arenosas de la serie Terciaria.

Esta circunstancia beneficia a la calidad del agua, porque la contaminación química o bacteriológica del subsuelo solo puede provenir entonces de las zonas altas, donde son escasos los asentamientos de población y es casi ninguna la presencia de industrias contaminantes. Por consiguiente, es indispensable contar con una apropiada cubierta vegetal hacia las márgenes de la Sabana, con el fin de conservar un suministro continuo de agua de buena calidad para mantener saturadas las formaciones acuíferas.

En la **Figura No. 3.5** se pueden observar las unidades hidrogeológicas de la Sabana de Bogotá.

En esta figura se hace una división de las unidades estratigráficas de la Sabana en tres grupos hidrogeológicos, según su capacidad de almacenamiento de aguas subterráneas. Esta división permite reconocer rápidamente las unidades almacenadoras e identificar las zonas de recarga, y separarlas de las unidades que no tienen capacidad acuífera. En el **Cuadro No. 3.9** se presenta un resumen descriptivo de los grupos, los cuales son:

- ◊ **Grupo I:** Corresponde a los sedimentos que componen el relleno fluvio lacustre de la Sabana, incluyendo los aluviones recientes de la red hidrográfica actual (Qa), el conjunto de sedimentos de la terraza alta que forman la altiplanicie de la Sabana (Qa), y los estratos semiconsolidados de la Formación Tilatá (Tqt) que representan la fase inicial del depósito fluvio lacustre. En acuíferos de este grupo están perforados la mayoría de los pozos existentes en la región y se ha comprobado que su rendimiento es el mas elevado, especialmente en la Formación Tilatá. Los acuíferos son confinados y de capacidades muy variables, generalmente delgados y de permeabilidades bajas. Su explotación sostenida ha causado el descenso del nivel estático, lo que demuestra que está disminuyendo el volumen de agua almacenada porque ésta no entra en la misma cantidad que se extrae.
- ◊ **Grupo II:** Agrupa las formaciones consolidadas que contienen una proporción dominante de estratos porosos, areniscas principalmente o conglomerados, y que forman las fajas montañosas que rodean a la altiplanicie. Incluye en primer lugar al Grupo Guadalupe (Kg) que tiene una excelente capacidad acuífera en su parte superior, la Arenisca del Cacho



- FALLA NORMAL
- K g L : FORMACION ARENISCA TIERRA Y LABOR
- K T g : FORMACION GUADUAS
- Q T s : FORMACION SABANA
- K g v : GRUPO VILLETA

(Ver Figure 1.2)

<p>ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.</p>	<p>CONSORCIO de Tratamiento de Aguas Recorridales</p>	<p>DEPARTAMENTO TECNICO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE</p>	<p>D.S.A.</p>
<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RECORRIDALES</p>			<p>RECURSO HIDRICO SUBTERRANEO DE LA SABANA DE BOGOTA 3.5</p>

CUADRO No 3.9 - Unidades Hidrogeológicas de la Sabana de Bogotá

Símbolos de las Unidades Hidrogeológicas		Formaciones Geológicas		Litología	Características Hidrogeológicas
Grupo	Símbolo	Color	Nombre	Composición	DESCRIPCION
I	Qa	Azul	Relleno Aluvial	Limo Arena Arcilla Grava	Sedimentos Suelos, permeables a semi-permeables vinculados a la red hidrográfica reciente, Acuíferos semiconfinados. Capacidad baja.
I	Qs	Azul	Depósitos de la Terraza Alta	Arcilla Arena Grava Turba	Sedimentos Cuaternarios de origen fluvio-lacustre, impermeables, que forman acuíferos confinados delgados y extensos en el subsuelo de la Sabana.
I	Tqt	Azul	Formación Tilatá	Arena Grava Arcilla Turba	Estratos poco consolidados, lenticulares, permeables a impermeables, que forman acuíferos confinados.
II	Tr	Verde	Formación Arenisca de La Regadera	Arenisca Conglomerada arcilla	Areniscas y conglomerados medianamente consolidados con matriz e intercalaciones arcillosas, que forman acuíferos confinados. Capacidad baja.
II	Tc	Verde	Formación Arenisca del Cacho	Arenisca Arcilloлита	Areniscas arcillosas o conglomeráticas de permeabilidad muy baja que forman acuíferos confinados. Capacidad baja.
II	Kg	Verde	Grupo Guadalupe	Arenisca, limolita, arcilloлита	Estratos compactos integrados por bancos de areniscas porosas y permeables intercaladas con limolitas y arcilloлитas impermeables formando acuíferos confinados. Capacidad baja, mediana y alta
III	Tu	CAFE	Formación Usme	Arcilloлита	Arcilloлитas medianamente consolidadas con intercalaciones arenosas muy delgadas, de grano fino y matriz arcillosa, sin capacidad de almacenamiento de agua explotable.
III	Tb	CAFE	Formación Bogotá	Arcilloлита Arenisca	Gruesa secuencia de arcilloлитas con ocasionales intercalaciones de arenisca de grano muy fino, semipermeables, tisa capacidad de almacenamiento de agua explotable.
III	Tg	CAFE	Formación Guaduas	Arcilloлита Arenisca	Predominio de arcilloлитas impermeables con intercalaciones de areniscas permeables hacia la base, que forman acuíferos confinados. Capacidad baja y mediana.
III	Kv	CAFE	Grupo Villeta	Arcilloлита Limolita Caliza Arenisca	Gruesa secuencia de arcilloлитas y limolitas compactas con intercalaciones de calizas masivas, impermeables y sin capacidad de almacenamiento de agua explotable.

(Tc) y la Arenisca de La Regadera (Tr). Debido a que los sedimentos del Grupo I son impermeables en superficie, el agua que nutre los acuíferos del relleno fluvio-lacustre procede del Grupo II, al cual llega desde la atmósfera. Este grupo cumple por lo tanto un papel fundamental en la recepción del agua atmosférica, en la infiltración y en el flujo hacia los niveles porosos profundos donde se acumula.

Una de las actividades para mitigar el efecto negativo de la disminución del agua almacenada, consiste en cuidar e incrementar la reserva forestal que cubre a las formaciones de este grupo, para facilitar la captación y absorción de las lluvias. Estas mismas formaciones presentan diversas estructuras plegadas y fracturas por debajo del relleno fluvio - lacustre, de tal manera que contienen una reserva muy importante que no se explota adecuadamente. Es conveniente iniciar la explotación de los acuíferos mas profundos, como una de las soluciones para reducir el déficit de los acuíferos del relleno fluvio - lacustre.

- ◊ **Grupo III:** Corresponde a las formaciones consolidadas en cuya composición predominan los estratos arcillosos impermeables que son los que limitan el potencial acuífero de la Sabana. En el grupo se destacan las formaciones terciarias Guaduas (Ktg) y Bogotá (Tb), que ocupan algunas laderas en los bordes de la Sabana, y el Grupo Villeta (Kv) que forman el núcleo de algunas de las cordilleras que atraviesan la zona central del área. Hacia la base de la Formación Guaduas se presentan intercalaciones de areniscas porosas que forman una zona acuífera aislada del resto de la formación, que afloran muy localmente y cuya proporción es muy pequeña en el conjunto arcilloso que en general impide la entrada y acumulación de agua en sectores muy extensos, por lo cual toda la formación Guaduas se incluye dentro de este último grupo.

- Explotación de Agua Subterránea en el Area de Influencia Directa

En la zona que va desde el sur de la Picota hasta la desembocadura del valle del Tunjuelo en la Sabana, el agua puede ser explotada a profundidades económicas en los desechos aluviales del río. El flujo de agua subterránea es más o menos paralelo a la corriente del Tunjuelo. El río actualmente fluye sobre un cauce excavado en el cono aluvial antiguo y alimenta constantemente la capa acuífera.

El cono aluvial presenta condiciones hidrológicas favorables para el abastecimiento de este sector. El agua se encuentra a una profundidad variable entre 20 y 45 m y la capacidad hídrica va de 5.000 a 20.000 l/h.

En la región de Bosa se encuentra agua a profundidades variables entre 30 y 80 m, en capas lacustres de arena, gravas y guijarros. A mayor profundidad se presenta el cono aluvial del río Tunjuelo, cuyos sedimentos gruesos constituyen una buena área de infiltración. La cantidad de agua que se extrae fluctúa entre 4.500 y 10.000 l/h.

La zona de Techo presenta condiciones favorables para la explotación de agua subterránea. La formación acuifera principal está constituida por capas de arenas gruesas y gravillas finas, cuyo espesor varía de 30 a 35 m y se encuentran a profundidades mayores de 150 m. Estos depósitos pueden estar relacionados con los conos de deyección más antiguos, pertenecientes a los ríos Tunjuelo y San Cristóbal. La infiltración de agua fluvial a través de los aluviones y de agua meteórica a través de fallas de diaclasas de las areniscas del Guadalupe Superior, son las vías más probables de alimentación de estas capas. La producción de agua es bastante elevada y puede alcanzar los 30.000 l/h. Existen además, en los estratos superiores capas de arenas finas alteradas con arcillas que pueden contener agua en pequeñas cantidades.

La ciudad de Santa Fe de Bogotá se desarrolla longitudinalmente de Norte a Sur. La parte alta está situada al pie de las faldas de los cerros sobre los terrenos de la formación Bogotá. En esta área las areniscas Guadalupe y Cacho son las formaciones acuíferas. Sin embargo, esta no es la zona adecuada para extraer agua porque los estratos inclinados se hundieron rápidamente hacia la Sabana por debajo de los sedimentos lacustres. Para obtener agua artesiana de las capas acuíferas al occidente de la ciudad se necesitaría efectuar perforaciones profundas hasta alcanzar las capas acuíferas (500 m para el Cacho y 1.500 m para las areniscas del Guadalupe).

El área de mayor producción de agua subterránea es a lo largo de la zona de transición entre los cerros y la Sabana. En esta zona aparecen depósitos compuestos por capas de material suelto y de grano grueso. La mayor parte de este material es de origen fluvioglacial y corresponde a deltas y conos.

Las capas acuíferas alternan con arcillas y limos y se encuentran a varias profundidades. Su capacidad varía entre 9.000 y 22.000 l/h.

El área de Usaquén pertenece a esta zona de transición entre los cerros y la Sabana. El agua se extrae de conos aluviales que se extienden desde el cañón de la quebrada de los Molinos hacia el norte hasta su unión con el de la quebrada Las Luces. La profundidad a que se encuentran las capas de arenas, gravas y guijarros varía entre 10 y 100 m y la producción entre 2.000 y 20.000 l/h.

Los datos estratigráficos de las zonas alrededor de Madrid y Mosquera muestran que la región se encuentra sobre el área de mayor profundidad del páleo-lago y consecuentemente los depósitos lacustres son muy profundos. Las capas acuíferas de esta región están constituidas esencialmente por arenas finas a medias las cuales tienen una capacidad hídrica limitada. La presencia de gas metano es frecuente y es la causa de la presión del agua.

Las areniscas del Guadalupe, siempre y cuando estén fuertemente tectonizadas, pueden estar altamente fracturadas y por consiguiente ser acuíferas. Sin embargo, debido a la gran profundidad de los sedimentos lacustres, es difícil determinar la profundidad y estructura de este horizonte acuífero.

En las colinas de Suba se explotan aguas termales y aguas frías. los horizontes acuíferos están representados por las areniscas precuaternarias, muy fracturadas, y por las arenas generalmente finas, de la formación lacustre. Los pozos perforados en éstas últimas producen cantidades variables de agua (4.000 a 15.000 l/h) a varias profundidades.

Arroyos termales y aguas termales poco profundas afloran en varios lugares alrededor de las colinas de Suba. Se trata de agua que circula a través de las fallas y sistemas de grietas de las formaciones de arenisca hasta profundidades de más de 2.000 m. Los manantiales situados al norte, en el Salitre, producen agua templada y de sabor ligeramente salino. Las fuentes del Club de Los Lagartos, al sur de la Colina, brotan a través de una falla que se localizó a 18 m de profundidad. Las fuentes termales de las Pleyades localizadas en la vertiente suroriente del Cerro están relacionadas con el mismo origen. Existe también otro material de agua termal en la zona pantanosa de Juan Amarillo.

En el área de Mondoñedo y Canoas el nivel freático regional está localizado a unos 75 m de profundidad en razón al fracturamiento evidente de las rocas del Guadalupe. Aunque debido a la baja precipitación y alta deforestación de la zona, el recurso hídrico es escaso, en cercanías de los sitios de los futuros rellenos de lodos se localizan varios pozos y aljibes en los alrededores del río Balsillas (**Figura No. 3.6**). Debido a la compleja estructura de la Formación Guadalupe es difícil establecer los patrones de flujo y la capacidad de las capas acuíferas de la región.

En el caso específico del botadero de Zabriskie, a pesar de ser un área de recarga de los acuíferos regionales, ningún usuario de los pozos referidos ha reportado problemas de contaminación atribuibles al botadero.

La extracción de aguas subterráneas está produciendo un balance negativo en el almacenamiento de los acuíferos, debido a que la recarga no compensa la extracción. Mediciones hechas durante varios años muestran descensos del Nivel Estático entre 3 y 5 m/año. En la misma forma la cuantificación realizada por el INGEOMINAS en las cuatro regiones principales de la Sabana muestra condiciones de desequilibrio prácticamente en todos los acuíferos.

Los resultados de esta investigación demuestran que es necesario establecer un sistema racional de aprovechamiento de los depósitos de aguas subterráneas mediante el control de los pozos existentes. Para tal efecto se debe diseñar un

programa combinado de almacenamiento de aguas superficiales y de suspensión total del bombeo de los pozos profundos en invierno para facilitar la recuperación periódica de los acuíferos.

- Aguas Subterráneas en los Sitios del Proyecto

Durante el presente estudio se realizaron sondeos geoelectricos en los predios de las futuras plantas de tratamiento de El Salitre, Fucha y Tunjuelo y sobre el predio del relleno de Mondoñedo I, con los siguientes resultados:

- ◊ **Planta de El Salitre:** El subsuelo del predio de la planta comprende depósitos cuaternarios de origen aluvial, los cuales han rellenado esta región alcanzando espesores superiores a los 300 m. Dentro del área de influencia directa de la planta, el pozo profundo más cercano es el del proyecto Uniabastos (Uniabastos 2) con una profundidad total de 520 m.

En este pozo, los depósitos cuaternarios alcanzan un espesor aproximado de 400 m. Estos depósitos poseen además acuíferos superficiales o someros que proveen el agua subterránea de los pozos someros existentes en el área.

En el predio se realizaron dos sondeos eléctricos verticales con profundidades de investigación de 200 m, escogiéndose zonas por fuera de las capas de relleno sanitario del Cortijo. Los datos resultantes fueron correlacionados con los del pozo Oikos II, el pozo somero más próximo a la planta, cuya profundidad es de 184 m.

Las conclusiones de los sondeos son:

- ⇒ El nivel freático superficial fue detectado a 1.5 m de profundidad, en directa asociación con los ríos Bogotá y Salitre, por lo que su calidad está directamente influenciada por la calidad de estas aguas.
- ⇒ La zona arcillosa existente, hasta 80 y 90 m de profundidad, sirve como barrera impermeable ante cualquier infiltración de tipo vertical hacia los acuíferos existentes por debajo de los 90 m. Esta zona arcillosa presenta variaciones laterales con depósitos lenticulares y/o en canal.
- ⇒ La filtración de aguas de los ríos Salitre y Bogotá sobre esta zona mejora un poco la calidad del agua. Un mejoramiento o degradación mayor de la calidad de estos ríos, generaría un mejoramiento o deterioro sustancial de la calidad del agua subterránea somera en la zona.

- ◊ **Relleno de Mondoñedo I:** El subsuelo del predio del futuro relleno de lodos comprende depósitos cuaternarios de origen aluvial (Q_a) y coluvial (Q_c), formados por el arrastre y caída de material erosionado de los cerros en el área. Estos depósitos son de origen local y su extensión es bastante limitada.

Circundando los depósitos cuaternarios, se encuentran rocas del Grupo Guadalupe, particularmente de las Formaciones Arenisca Labor (K_{sgl}) y Plaenners (k_{sgp}). La primera formación está constituida por areniscas de grano medio, blanco amarillentas, cuarzosas y micáceas, intercaladas con algunos niveles de limolitas.

La Formación Plaenners está constituida por areniscas intercaladas con limolitas y liditas. Estructuralmente, las formaciones mencionadas están afectadas por fallas y pliegues, eventos tectónicos que han causado fracturamientos en sus rocas, aumentando su porosidad total y su capacidad acuífera.

En el predio se realizaron dos sondeos eléctricos verticales con profundidad de investigación de 150 m. Las rocas del Grupo Guadalupe fueron detectadas a partir de los 20 m de profundidad.

Las conclusiones de los sondeos son:

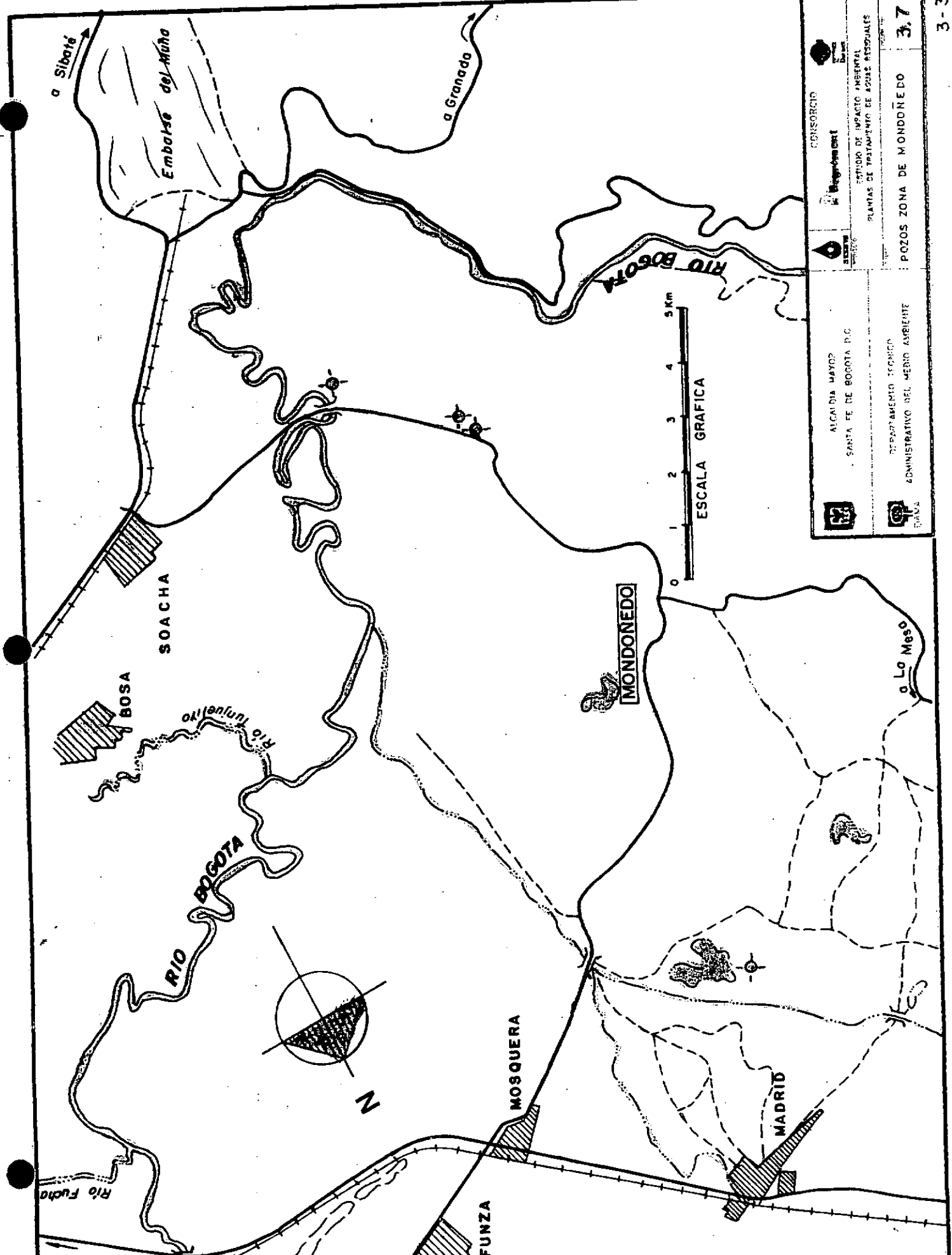
- ⇒ El nivel freático local, asociado a la humedad en el subsuelo, es generado por la laguna Blanca, y fue detectado a 4 y 5 m de profundidad. El nivel freático regional del área, al estar ésta en zona montañosa, es más profundo, localizado dentro de las rocas del Grupo Guadalupe.
- ⇒ A partir de la superficie se presentan depósitos cuaternarios de origen aluvial con espesor de 20 m, determinándose dos capas principales: una capa superior de 4 a 5 m de espesor interpretada como suelo arenolimoso mal desarrollado, y una capa inferior de 15 m aproximadamente, interpretada como arcillas. Estas capas pueden presentar variaciones laterales de espesor. La capa de arcillas es de naturaleza impermeable y crea la posibilidad de ser excavada sin generar filtraciones hasta unos 5 m por encima de la base del estrato arcilloso.
- ⇒ Las fallas geológicas y pliegues existentes en la región, han afectado las rocas del Guadalupe y generado porosidad secundaria por fracturamiento, aumentando la capacidad de almacenamiento de agua subterránea de la zona.

- ⇒ La región es tectónicamente complicada en razón de los esfuerzos compresivos y distensivos a que han sido sometidas sus rocas. Durante la etapa de diseño detallado se hace necesario precisar las medidas que garanticen el control de infiltraciones de contaminantes, aún en el caso de movimientos sísmicos importantes.
- ⇒ Durante la etapa de diseño del relleno es conveniente realizar perforaciones con recuperación de núcleos hasta una profundidad de 25 m con el fin de confirmar la profundidad al tope de las rocas del Guadalupe, conocer la forma tridimensional del estrato impermeable y calcular su capacidad.
- ⇒ De realizar excavaciones, es recomendable terminarlas 5 m por encima de la base del estrato impermeable, así como revestir paredes y base de cualquier excavación mediante membranas impermeables a fin de prevenir cualquier posibilidad de infiltración.
- ◇ **Planta de Fucha:** El subsuelo del predio de la futura planta es de tipo arcilloso con algunas intercalaciones de limos arcillosos entre la superficie y los 200 m de profundidad. Entre los 200 m y los 250 m de profundidad, el subsuelo está compuesto por arenas. En esta zona existen algunos acuíferos.

No fue posible realizar sondeos eléctricos en el predio debido a la existencia de líneas de alta tensión en el lugar (**Figura No. 3.7**). En cambio, se realizó un inventario detallado de pozos en la zona, que abarcó también la zona de la planta del Tunjuelo. En el **Cuadro No. 3.10** se presenta la información recolectada referente a los pozos.

El análisis de la información referente a los pozos indicó lo siguiente:

- ⇒ Los pozos más cercanos al predio de la planta de Fucha son los siguientes: Hacienda San Ignacio 1, La Magdalena 1 y El Establo 1, perforados a profundidades entre 90 y 180 m, y con caudales de 0,50 l/s cada uno, lo que indica la presencia de suelos de tipo arcilloso asociados a limos arenosos.
- ⇒ Los pozos Sherwin Williams 1 y Corrugados de Colombia 1 están perforados a profundidades de 250 m y 261 m respectivamente, y su producción es de 2,0 l/s cada uno, lo que se asocia a la existencia de arenas por debajo de los 200 m de profundidad.



 DEPARTAMENTO DE SALUD AMBIENTAL	 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	 CONSORCIO	 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.	 ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE	 POZOS ZONA DE MONDONEDO	3.7

CUADRO No. 3.10 - Inventario de Pozos cercanos a los Proyectos de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de Fucha y Tunjuelo

Nombre	Coordenadas		Profundidad (metros)	Caudal (LPS)	Formación Geológica
	Norte	Este			
El Sai - 1	1.009.130	990.560	180		
El Sosiego - 1	1.008.180	989.470	85		
Emisora Kennedy - 1	1.005.780	992.290	80		
El Botalón - 1	1.004.550	987.040	-		
Vuelta Grande - 1	1.004.600	984.925	50	0,25	
La Isla - 1	1.003.460	984.330	60	0,10	
La Isla - 2	1.003.070	984.340	25	0,10	
La Isla - 3	1.002.680	984.445	25	0,07	
La Isla - 4	1.002.370	984.490	40	0,10	
La Isla - 5	1.002.310	984.400	48	0,30	
Campo Verde - 1	1.002.750	984.850	80	0,30	
Radio Mundial - 1	1.001.940	984.995	72	3,00	
Sherwin Williams - 1	1.009.920	990.600	250	2,00	
La Estancia - 1	1.009.330	990.280	80	0,50	
Las Mercedes - 1	1.003.250	984.600	134	0,25	
El Establo - 1	1.007.460	989.780	180	0,50	
Los Saucos - 1	1.007.290	989.620	80	0,40	
Corrugados de Col. - 1	1.009.590	991.230	261	2,00	
Autocentro Fontibón - 1	1.007.620	992.890	-	1,30	
Agroind Tintalito	1.006.870	993.250	80	0,30	
Tagaste	1.006.320	992.620	130	1,00	
La Magdalena	1.006.760	991.240	-	0,50	
Hda. San Ignacio	1.006.680	990.230	90	0,50	

◊ **Planta del Tunjuelo:** El subsuelo del predio de la planta consiste en depósitos cuaternarios de origen aluvial. Los pozos perforados en los alrededores no superan los 60 m de profundidad, y el caudal máximo obtenido es de 0,3 l/s. Entre ellos están: Vuelta Grande 1 y La Isla 1, 2, 3, 4 y 5.

El pozo de Radio Mundial, con una profundidad de 72 m, alcanzó una producción de 3 l/s (**Cuadro No. 3.10 y Figura No. 3.7**).

En el predio se realizaron dos sondeos eléctricos verticales con profundidades de investigación de 200 m (**Figura No. 3.8**)

CONVENCIONES

SONDEO ELECTRICO VERTICAL.
RESISTIVIDAD TRANSVERSAL.
CURVAS DE ISORESISTIVIDAD.
POZO, MANANTIAL, ALJIBE.
PROFUNDIDAD TOTAL Y NIVEL ESTADISTICO.
CAUDAL (del pozo o aljibe)

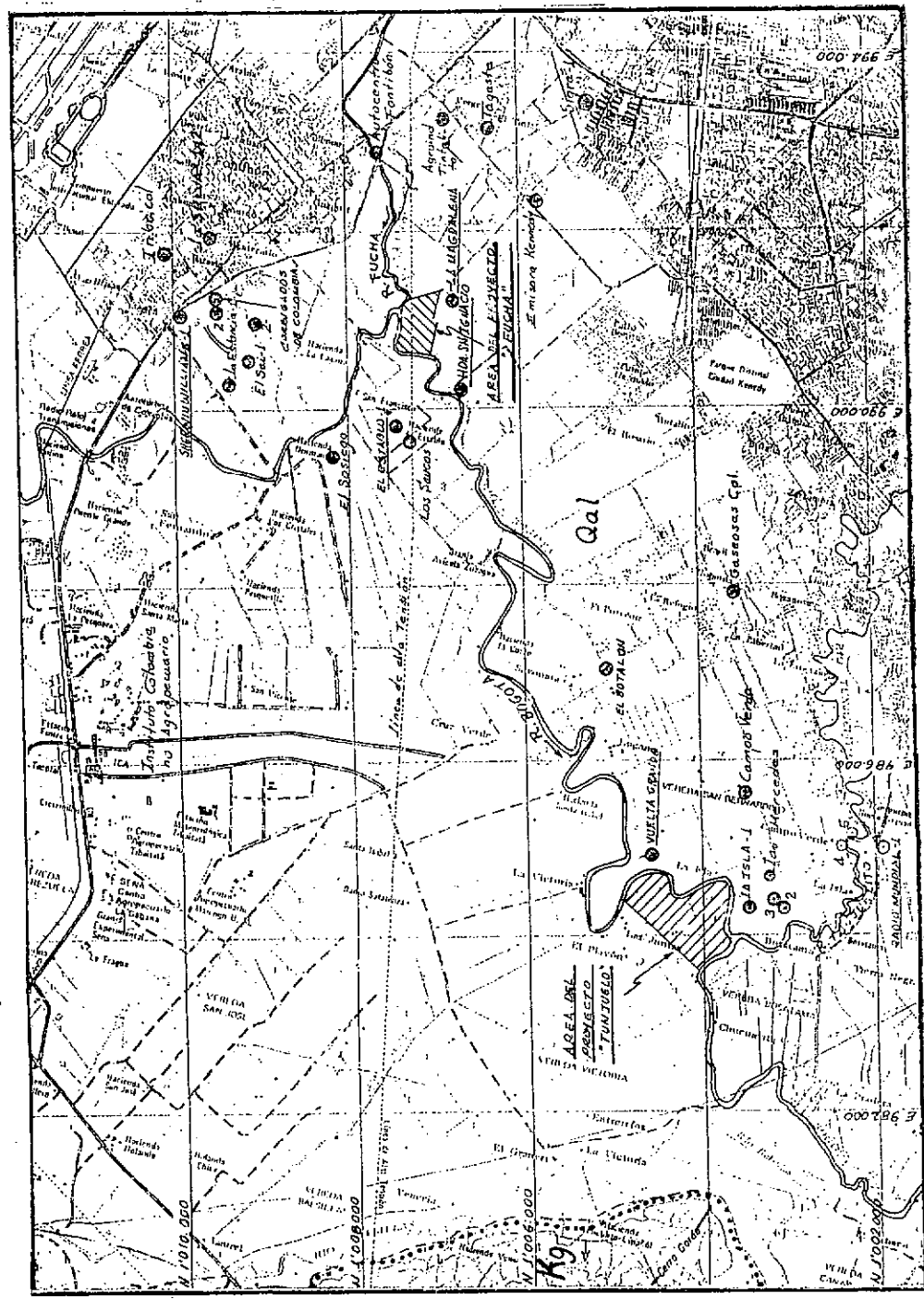
SEV-1
RT =
O. O. O. □
(P.T.) (N.E.)
(Q)

CONTACTOS:
FALLAS:
PLIEGUES:
BUZAMIENTOS:
TOS:
PAROCENO -
COS:
MINERALES:

RETORNOS
NORMALES
INFERIDOS
ARTIFICIAL
30° Inclinados
Horizontales
0 a 15°
De 30 a 45°
Yeso
Colita -C- Carbon

LEYENDA

Qal Cuaternario Aluvial
K9 Cretaceo Guadalupe



ESCALA 1:50,000

	REGION MAPA PAIS DE MEXICO D.C. INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO	CONCORDIA ESTADIMIENTO II-VIII LOCALIZACION DE POZOS
	PLANES DE INVESTACION Y RECONOCIMIENTO 1952 y 1953	MAPA GEOLOGICO T. 3.B LOCALIZACION DE POZOS

El análisis de los sondeos permitió obtener las siguientes conclusiones:

- ⇒ El nivel freático superficial fue detectado a 1,5 m de profundidad y está asociado directamente al río Bogotá; por lo tanto, la calidad del agua extraída de aljibes en el área, está influenciada por la mala calidad de las aguas del río.
- ⇒ Entre los 5 y los 20 m de profundidad, hay una zona de resistividad baja, interpretada como limos arenosos.
- ⇒ Entre los 20 y los 45 m de profundidad hay una capa de arcillas.
- ⇒ Entre los 45 y los 100 m de profundidad, hay una capa de arena que constituye un acuífero.

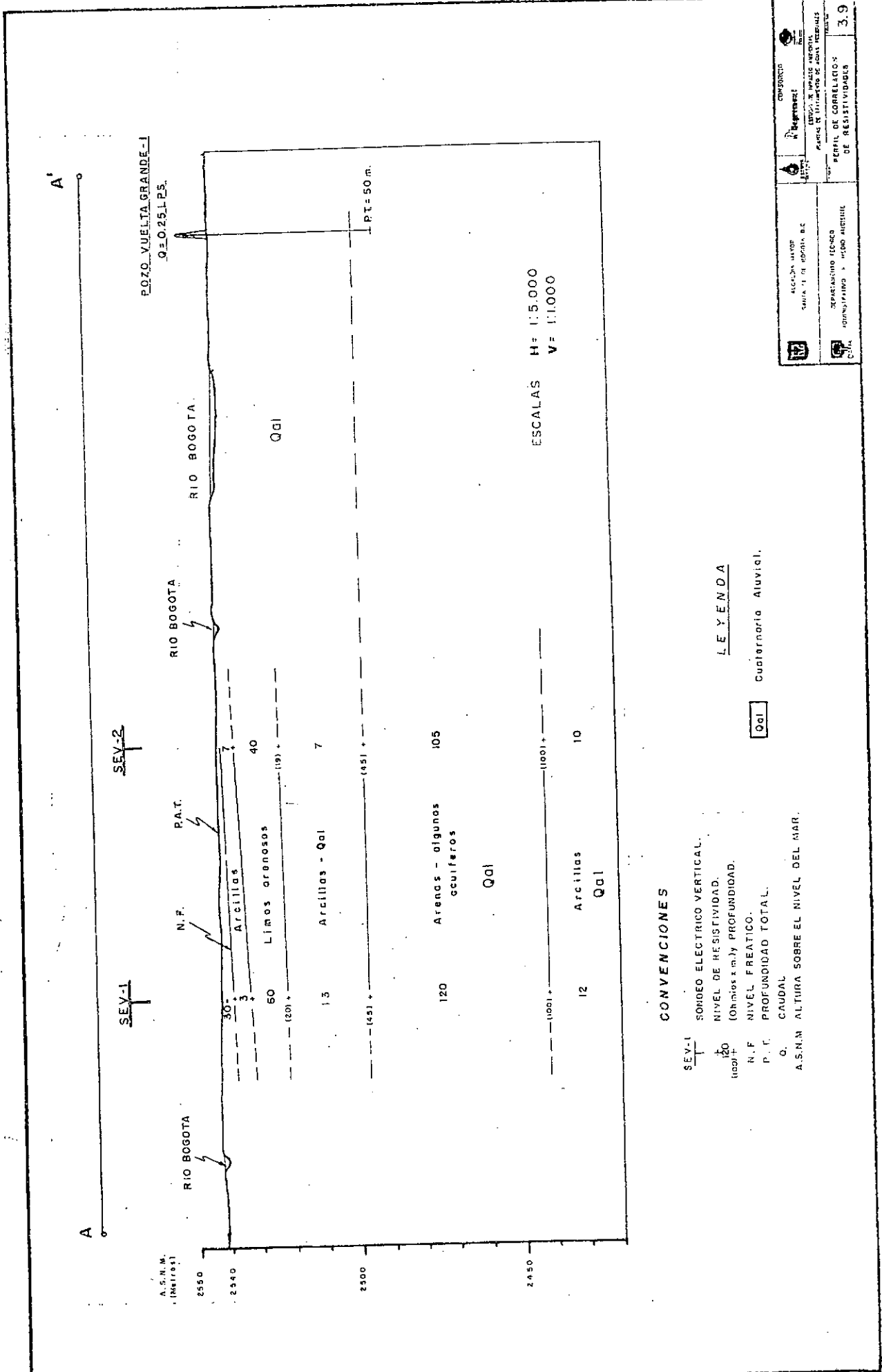
3.2.2. Hoya Baja del Río Bogotá

Aunque no existen estudios detallados del recurso hídrico subterráneo de la hoya baja, el potencial de explotación acuífera se dedujo a partir de la descripción de las formaciones geológicas y el análisis de su porosidad, permeabilidad, estructura y cobertura vegetal.

Bajo las anteriores consideraciones, el programa CAR - PMR produjo un mapa hidrogeológico del área de su jurisdicción en el cual se señalan dos tipos de rocas según su permeabilidad (permeables e impermeables), así como tres tipos de rocas permeables (no consolidadas, semiconsolidadas y consolidadas). El grado de permeabilidad se define considerando granulometría, textura, fraccionamiento y buzamiento. Este mapa se presenta en la **Figura No. 3.9**.

En la hoya baja se presentan las siguientes zonas:

- ◇ **Áreas de Recarga (C_{bp}):** Comprenden la barrera de montañas que delimitan las hoyas alta y baja del río Bogotá, el flanco nororiental de la hoya baja, la cordillera de Agua de Dios y de Los Monos y los cerros vecinos de Agua de Dios o cuchilla de Peñas Blancas. Estas áreas presentan rocas consolidadas de la Formación Guadalupe Superior, compuesta de areniscas cuarcíticas y están ubicadas en los municipios de Zipacón, Bojacá, Tena, Soacha, San Antonio del Tequendama, El Colegio, Viotá, Tocaima, Agua de Dios y Ricaurte. Se estima que un 7,3% de la hoya baja, correspondiente a 12.315 ha en zonas de montaña pueden considerarse áreas de recarga.



CONVENCIONES

- SEV-1 SONDEO ELECTRICO VERTICAL.
- 120 NIVEL DE RESISTIVIDAD.
- (Ohmios x m.) y PROFUNDIDAD.
- N.F. NIVEL FREATICO.
- P. T. PROFUNDIDAD TOTAL.
- Q. CAUDAL
- A.S.N.M ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR.

LEYENDA

Qal Cuaternario Aluvial.

	ASOCIACION MADR S.A. DE C.A. S.A. DE C.A.		CONDUCTOR Registros
	DEPARTAMENTO TECNOLOGIA DEPARTAMENTO Y MODO MEDICION		INSTITUTO NACIONAL DE GEOMINERIA DIVISION DE INVESTIGACIONES DE AGUA SUBTERRANEA PERFILES DE CONDUCTIVIDAD Y DE RESISTIVIDADES 3.9

Se considera de especial importancia la zona de la laguna de Pedro Palo y la zona del Alto Tequendama.

- ◊ **Áreas Explotables del Acuífero (A_{bp}):** Comprenden predominantemente los valles aluviales y depósitos de arena, grava y barro de las zonas ribereñas de los ríos Bogotá, Apulo, Curí, Calandaima, y las quebradas San Juan, La Palmera y El Buey y de un tramo del río Magdalena, aguas abajo de Girardot. Se estima que un 17,5% de la hoya, correspondiente a 29.677 ha, de zonas de rocas no consolidadas y depósitos permeables, incluyendo buena parte del actual Distrito de Riego de la Salada entre Tocaima y Girardot, corresponden a áreas de explotación del acuífero.
- ◊ **Acuitardos (B_{mp} y C_{mp}):** Son zonas con formaciones geológicas que contienen agua pero la transmiten lentamente, debido a la moderada permeabilidad de los estratos. Estas zonas corresponden a la Formación Guadalupe Medio, Depósitos Cuaternarios y Formación Villeta y Honda. Estas formaciones contienen arcillas, areniscas y conglomerados, como el caso de la Formación Honda, o areniscas con intercalaciones de lutitas negras. Un 44,8% de la hoya baja corresponde a acuitardos, lo que representa 75.730 ha.
- ◊ **Conjuntos Impermeables:** Corresponden a zonas con estratos de las Formaciones Guadalupe Inferior y Villeta, que contienen lutitas y/o plaeners, y lutitas con intercalaciones de calizas. Estas áreas corresponden al 30,4% de la hoya baja y representan 51.736 ha de la zona media de la hoya.

Debido a la gran aridez de la zona entre Tocaima y Girardot, se considera relevante describir a continuación el aprovechamiento actual del agua subterránea en dicha zona.

Un pozo de importancia es el construido por la CAR en la Vereda La Salada hasta una profundidad de 200 m, el cual permite la extracción de 2 l/s para uso en el acueducto veredal.

Otro pozo de importancia, conocido como Chawina 1, fue construido con una profundidad de 1.650 m y produce 3 l/s en condiciones de pozo artesiano.

A nivel artesanal existen tres aljibes de poca profundidad, así: Uno de 9 m en la finca La Esperanza, un aljibe de 15 m en la hacienda Brasilia y un pozo de 9 m de profundidad en la finca El Paraíso.

En el sitio Loma Gorda se localiza un manadero natural de aguas azufradas, con una producción de cerca de 1 l/s, utilizada por los habitantes de la Vereda Manuel Sur.

La calidad del agua de estos pozos es regular. Los pozos profundos son generalmente salobres, mientras que el manadero de Loma Gorda y otros pozos menores son azufrados y forman una película blancuzca sobre la superficie del agua en reposo. Como en el caso del río Bogotá, en la cuenca alta, es presumible que los pozos ribereños de esta zona estén influenciados por este río, mientras que los pozos profundos tengan otro sistema de recarga.

3.3. CALIDAD DEL AGUA

3.3.1. Calidad del Agua del Río Bogotá y sus Afluentes Urbanos

La calidad de las aguas del río Bogotá ha sido afectada por las descargas de aguas negras de los asentamientos urbanos de su cuenca, especialmente de Bogotá (polución biológica), por los vertimientos de aguas residuales industriales (polución química mineral y orgánica) y por los aportes de materiales sólidos insolubles en el agua (polución física) a las redes de drenaje natural y/o artificial. A continuación se hará una descripción de los niveles alcanzados por estos diferentes tipos de polución en los principales efluentes urbanos y en el propio río Bogotá.

- Contaminación Biológica

La polución biológica del agua genera una fuerte concentración bacteriológica y una reducción del oxígeno disuelto, por lo cual constituye una amenaza para la salud pública, disminuye o elimina la vida acuática (especialmente de peces y crustáceos), constriñe o elimina otros usos posibles del agua (navegación, riego de cultivos y pastos, recreación) y deteriora seriamente los paisajes. Para caracterizar este tipo de contaminación se utiliza la "carga orgánica", expresada como la cantidad de oxígeno necesaria para reducir la materia orgánica a compuestos estables, en toneladas de oxígeno/día (t-O₂/d) o en miligramos por litro (mg/l) (demanda bioquímica de oxígeno DBO₅). A su turno, la respuesta del río a la carga orgánica se aprecia a través del oxígeno disuelto (OD) en el agua,

en mg/l. La contaminación bacteriológica se mide por el número más probable (NMP) de coliformes totales por 100 ml de agua (NMP/100 ml).

Los resultados del presente diagnóstico se basan en la información consignada en el **Cuadro No. 3.11**, el cual contiene un resumen de los valores medios de los principales poluctantes hídricos, medidos en las campañas de muestreo más recientes. En la **Figura No. 3.10** se muestran las ubicaciones de los sitios mencionados.

- ◇ **Río Salitre o Juan Amarillo:** Este río conforma una alcantarilla abierta, con aguas residuales diluidas sépticas, pestilencia continua y riesgo permanente para la salud de las personas que habitan en sus márgenes, desde el punto de descarga de los interceptores de aguas negras del Salitre y de Rionegro, en las cercanías de la Avenida 68 con Autopista Medellín, hasta su desembocadura en el río Bogotá, incluida la laguna Juan Amarillo.

La DBOs media de los muestreos en su desembocadura es de 131 mg/l, en condiciones prácticamente anóxicas (promedio de oxígeno disuelto: 0,02 mg/l). La contaminación bacteriológica es igualmente muy alta, con contenidos medios de coliformes totales del orden de 59 millones y de coliformes fecales de 12 millones (NMP/100 ml), si bien se alcanzan picos de 240 y 230 millones respectivamente.

- ◇ **Río Fucha:** Al igual que el Salitre, este río es una alcantarilla abierta, de condiciones sépticas y alto riesgo para la salud, desde el punto de descarga en su cauce de los interceptores de aguas negras del Fucha, San Francisco, Sur y CAN, aproximadamente a la altura de la Avenida Boyacá, hasta su desembocadura. Estas condiciones sépticas disminuyen, aunque sin dejar de ser graves, durante las crecientes. En su tramo inferior, el río recibe además, el bombeo de las aguas negras y lluvias de Fontibón. La DBOs media en su desembocadura es de 254 mg/l, en condiciones prácticamente anóxicas (0,03 mg/l-OD en promedio). La contaminación bacteriológica es así mismo muy alta: 62 y 12 millones de coliformes totales y fecales en promedio, con picos de 240 y 35 millones respectivamente.

- ◇ **Río Tunjuelo:** En su recorrido por la ciudad, el río Tunjuelo es un cauce natural abierto, en gran parte deteriorado por la actividad gravillera. Su cuenca urbana de drenaje es la más pobre en infraestructura sanitaria, por lo cual su cauce recibe las aguas negras de la totalidad de los barrios ubicados en su vertiente sur, entre Usme y Bosa, y de la mayor parte de los barrios de la Localidad de San Cristóbal, ya sea por vertimiento directo o a

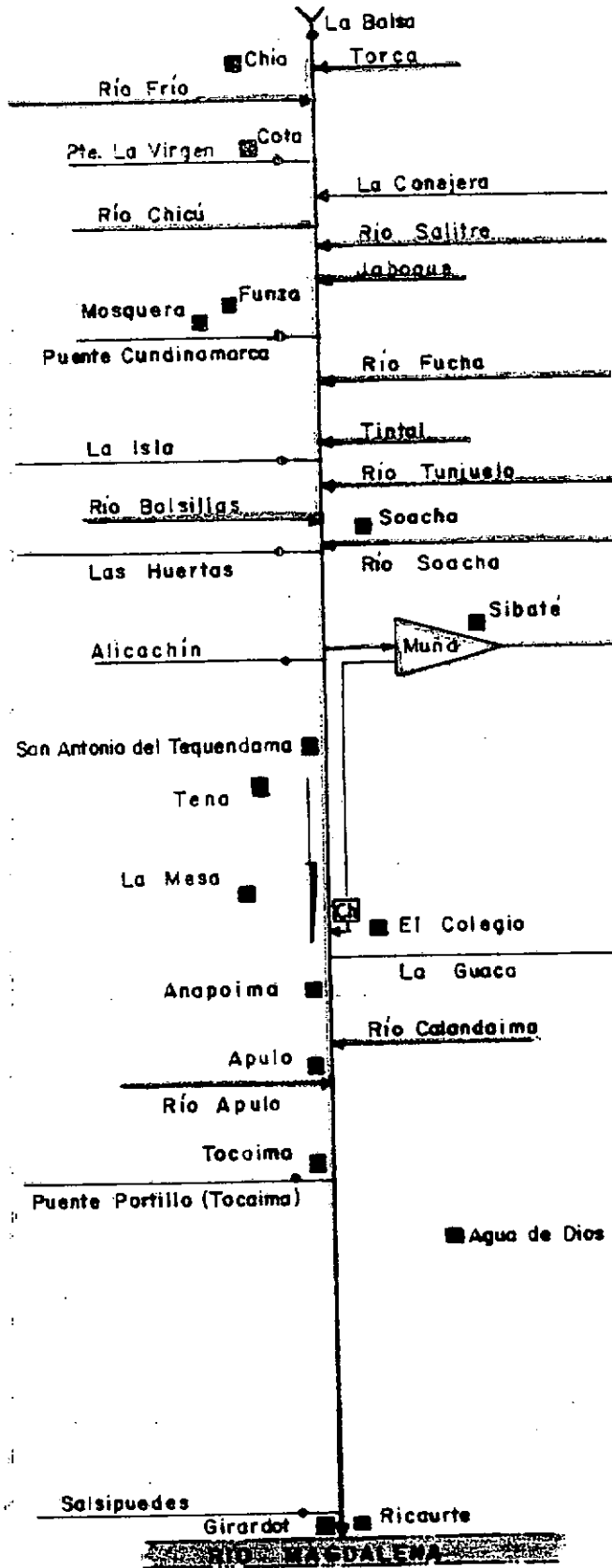
CUADRO No. 3.11 - Resumen de la Calidad del Agua del Río Bogotá y algunos Tributarios
(Valores Medios - Año 1991)

Parámetro	La Balsa	La Virgen	Pte. Cundinamarca	La Isla	Las Huertas	La Guaca	Pte. Portillo	Salsipuedes	Juan Amarillo	Fucha	Tunjuelo	Rafael Reyes	R. Calandata (1)
Caudal (m ³ /s)	13,63	14,11	22,06	27,48	41,57	29,57	52,53	24,20	8,34	12,48	7,38	1,97	
Conductividad (µmhos/cm)	507,74	463,27	42,97	491,30	487,68	483,64	470,66	498,76					459,58
DBO ₅ (mg/l)	3,38	3,06	32,21	57,29	73,50	51,64	22,64	19,59	131,08	254,33	114,67	1,83	2,75
OD (mg/l)	1,56	1,24	0,37	0,02	0,07	4,10	4,76	1,44	0,02	0,03	0,08	6,94	5,09
Detergentes (mg/l)	0,26	0,47	4,11	3,95	3,04	2,42	2,75	2,48	6,44	4,43	4,37	0,02	0,15
Sólidos Totales (mg/l)	462,75	431,75	1.256,83	367,67	383,00	480,92	819,75	981,17	409,58	543,83	966,83	917,92	524,17
Sólidos Suspendidos (mg/l)	113,92	112,67	976,08	102,08	127,33	229,25	576,92	704,58	170,83	244,33	567,91	306,59	191,17
Cadmio (mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61	0,00
Cromo Total (mg/l)	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,04	0,03	0,01	0,07	0,24	0,00	0,01
Mercurio (mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Plomo (mg/l)	0,02	0,03	0,03	0,03	0,00	0,04	0,03	0,04					0,02
Hierro Total (mg/l)	2,91	2,72	2,90	2,42	3,02	3,29	5,00	9,75					4,69
Coliformes Totales (NMP/100 ml)	211x10 ³	99x10 ³	10x10 ⁶	15x10 ⁶	28x10 ⁶		1,5x10 ⁶	1,2x10 ⁶	59x10 ⁶	62x10 ⁶	47x10 ⁶	131x10 ³	1,1x10 ⁶
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	19x10 ³	23x10 ³	3,7x10 ⁶	3,5x10 ⁶	6,9x10 ⁶		387x10 ³	285x10 ³	12x10 ⁶	12x10 ⁶	7,9x10 ⁶	102x10 ³	994x10 ³

CUADRO No. 3.11 - Resumen de la Calidad del Agua del Río Bogotá y algunos Tributarios
 (Valores Medios - Año 1991)
 (Continuación)

Parámetro	La Balsa	La Virgen	Pte. Cundina marca	La Isla	Las Huertas	La Guaca	Pte. Portillo	Salsipuedes	Juan Amarillo	Fucha	Tunjuelo	Rafael Reyes	R. Calandral ma ⁽¹⁾
DQO (mg/l)													57,75
Sólidos Disueltos (mg/l)													11,40
Fósforo Total (mg/l)													0,20
Nitrógeno Ammoniacal (mg/l)													0,96
Nitratos (mg/l)													1,08
Nitritos (mg/l)													0,01
Nitr. Kjeldahl (mg/l)													3,31
Sulfatos (mg/l)													170,28
pH (Unidades)													7,57
Alcalinidad (mg/l)													66,15
Acidez (mg/l)													5,17
Aceites - Grasas (mg/l)													5,73

Fuente: CAR e ILAM ⁽¹⁾ Datos año 1993



	<p>ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.</p>		<p>CONSORCIO Departament</p>
	<p>DEPARTAMENTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE</p>	<p>DESGARRO DE IMPACTO AMBIENTAL PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</p> <p>ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA HIDRICO DEL AREA DE INFLUENCIA DE EL RIO BOGOTÁ</p>	
			<p>3.1</p>

través de las quebradas o zanjas que drenan tales barrios (Yomasa, Santa Librada, Chiguaza y Quiba - Limas, entre otras).

También recibe los lixiviados del relleno sanitario de Doña Juana, a través de la quebrada Yomasa. Recientemente la EAAB terminó de construir una parte del interceptor del Tunjuelo, que sirve el área de Ciudad Bolívar.

La contaminación de las aguas del Tunjuelo se hace progresivamente más fuerte en la medida en que recibe nuevos volúmenes de aguas negras, desde Usme hasta su desembocadura. En la actualidad, la DBO media de los muestreos en su desembocadura es de 115 mg/l, en condiciones prácticamente anóxicas (0,08 mg/l-OD promedio). Como en los casos anteriores, la contaminación bacteriológica es muy alta: 47 y 8 millones de coliformes totales y fecales en promedio, con picos de 350 y 46 millones respectivamente.

◊ **Cuencas Menores:** La situación de los diferentes cuerpos de agua se puede resumir de la siguiente manera:

⇒ Los pantanos de Jaboque presentan aún aguas poco contaminadas, debido a que las aguas negras de la parte urbana de la cuenca drenan directamente al Bogotá sin pasar por los pantanos. Aunque no existen datos suficientes, la DBOs media de las aguas residuales producidas por la cuenca se estima en 276 mg/l. No obstante, la descarga en los pantanos de las aguas negras de algunas urbanizaciones vecinas hace cambiar rápidamente esta situación.

⇒ La Quebrada Torca acusa una fuerte contaminación, como resultado de las descargas de aguas negras del extremo nororiental de la ciudad. Estas descargas han afectado seriamente la chucua Guaymaral, el principal elemento del sistema de amortiguación de crecidas del área. Mediciones llevadas a cabo por la CAR y EPAM entre 1986 y 1991 reportan DBOs entre 34 y 49 mg/l para las aguas de la Chucua y de 11 mg/l para la quebrada Torca, con valores de oxígeno disuelto muy cercanos a cero (condiciones sépticas).

⇒ El sistema de la Conejera se contamina progresivamente por efluentes domésticos y agrícolas, hasta alcanzar condiciones sépticas en su parte baja, cerca a la desembocadura. La DBOs media de las aguas residuales de la cuenca se estima en 275 mg/l.

⇒ El sistema de la cuenca del Tintal (chucas y vallados) presenta condiciones variables de contaminación orgánica, en función de las descargas que reciben. Las chucas del Burro y La Vaca acusan una

contaminación media a alta, como resultado de las conexiones clandestinas de aguas negras y de la disposición de basuras en su lecho. De otro lado, varios vallados que sirven de colectores de las aguas negras de los barrios localizados al oeste de Ciudad Kennedy presentan condiciones sépticas. La DBO₅ media de las aguas residuales de esta cuenca se estima en 270 mg/l.

⇒ El sistema hídrico de la cuenca de Soacha también se encuentra altamente contaminado, pues tanto el río Soacha como las lagunas Tierra Blanca, Neuta, Potrero Grande y el embalse de Terreros reciben las aguas negras del sector. La DBO₅ media de las aguas negras de esta cuenca se estima en 270 mg/l.

Tal como se expone más adelante, la contaminación de vallados, canales y ríos rurales tiene un grave impacto sobre las actividades agropecuarias, en atención a que el uso de las aguas contaminadas para riego y abrevaderos contamina los alimentos y los productos animales.

◇ **Río Bogotá:** El río Bogotá presenta cuatro tramos bien definidos desde el punto de vista de su contaminación orgánica. Ellos son: desde su nacimiento hasta Villapinzón, desde Villapinzón hasta el río Juan Amarillo, desde el Juan Amarillo hasta Tocaima y desde Tocaima hasta el Magdalena.

El primer tramo (nacimiento - Villapinzón) presenta aguas cristalinas muy poco contaminadas, con una DBO₅ inferior a 2 mg/l y OD superior a 6 mg/l. Es un río de montaña, cuya carga orgánica a la altura de Villapinzón es apenas de 0,1 t-O₂.d.

El tramo entre Villapinzón y la confluencia del río Juan Amarillo se puede considerar como medianamente contaminado, a causa de los vertimientos de aguas negras de las distintas poblaciones de la Sabana y de algunas industrias. La DBO₅ está por lo general ente 2 y 5 mg/l y el oxígeno disuelto entre 2 y 7 mg/l. No obstante, en algunos tramos cortos se presentan condiciones más altas de contaminación, especialmente después de los puntos de las principales descargas. Es el caso del tramo aguas abajo de Villapinzón y aproximadamente hasta la desembocadura del río Tejar, donde las aguas negras de Villapinzón y los vertimientos orgánicos de las curtiembres ubicadas en el sector hacen subir localmente la DBO₅ promedia hasta 9,25 mg/l y descender el OD (estación Chingacio). En el **Cuadro No. 3.11** se ha incluido la información correspondiente a las estaciones de La Balsa y La Virgen, las dos últimas de este tramo, antes de las primeras descargas de aguas negras de Bogotá, con el fin de poder comparar las concentraciones de los poluctantes antes y después de la

ciudad. Se observa que en La Virgen (puente de la carretera Suba-Cota), los valores medios de muestreo de DBO y OD son de 3,06 y 1,24 mg/l respectivamente, con contenidos medios de coliformes totales y fecales de 93.000 y 23.675 respectivamente.

El tercer tramo, que se extiende entre las desembocaduras de los ríos Juan Amarillo, al suroeste de Suba, y Tocaima, conforma realmente una enorme alcantarilla abierta, de condiciones permanentemente sépticas y pestilentes, con graves riesgos para la salud de las personas y animales que habitan en sus riberas o hacen uso de sus aguas. En este tramo la DBO media de muestreo es por lo general superior a 30 mg/l y el oxígeno disuelto alcanza sus valores más bajos. Las condiciones extremas se presentan entre el Fucha y el embalse del Muña, donde la DBO media alcanza valores superiores a 73 mg/l y el OD es consumido totalmente (concentraciones entre 0,02 y 0,07 mg/l).

Aguas abajo de El Salto, la aireación ocasionada por la caída y luego por el descenso del agua en un cauce de fuerte pendiente y grandes bloques (o por la alta velocidad en los túneles de carga y en las turbinas de la cadena hidroeléctrica), incrementa el OD hasta valores cercanos a 5 mg/l, aunque la DBO sigue siendo muy alta, del orden de 51 mg/l, en la Guaca de 23 mg/l en Puente Portillo (frente a Tocaima).

La contaminación bacteriológica alcanza en este tramo valores igualmente muy altos, con promedios en general superiores a 8 millones de NMP de coliformes totales/100 ml, si bien en el trayecto entre el Juan Amarillo y el embalse del Muña los valores medios varían entre 10 y 28 millones para coliformes totales y 3 y 7 millones para coliformes fecales, con picos entre 24 y 79 millones para los primeros y 13 y 23 millones para los segundos.

La principal causa de la altísima contaminación del río en este tramo es la descarga de las aguas residuales (domésticas e industriales) de Bogotá, la cual se lleva a cabo principalmente a través de los ríos Juan Amarillo, Fucha y Tunjuelo, según se anotó. La carga orgánica promedio (DBO) generada por la ciudad (incluida Soacha) se estima en 467 t-O₂/d, para condiciones de caudales medios.

En relación con el problema de contaminación de este tramo del río Bogotá, conviene referirse brevemente al embalse del Muña. Este embalse, construido entre 1940 y 1944 con el fin de regular los caudales de los ríos Muña y Aguas Claras para su posterior aprovechamiento en generación eléctrica, empezó a ser utilizado desde 1948 como reservorio de aguas bombeadas del río Bogotá, con el fin de aprovechar los caudales regulados de este último. Si bien en esa época la contaminación del río Bogotá era baja, pues las aguas negras de la ciudad sufrían una conveniente dilución y

autopurificación, con el paso del tiempo ella fue creciendo en forma acelerada, como consecuencia del incremento de la población y de sus correspondientes caudales de aguas negras. De esta manera, el Embalse del Muña, que hasta los primeros años del decenio de los 60 permitió un desarrollo turístico, se contaminó progresivamente hasta constituir hoy un problema sanitario para los habitantes de Sibaté. Estudios recientes (Hidroestudios, 1990) han demostrado que la DBO₅ en el costado norte, donde se localizan las estaciones de bombeo y de descarga, alcanzan los 28 a 30 mg/l, con oxígeno disuelto cercano a cero, mientras que en el costado sur (zona de Sibaté) la DBO₅ es del orden del 16 y el OD menor de 1.

La alta riqueza en nutrientes de las aguas negras ha favorecido el desarrollo del buchón (*Eichornia crassipes*), una macrofitas flotante que hoy cubre prácticamente la totalidad de la superficie del embalse. Si bien la capa de buchón reduce los malos olores y disminuye las concentraciones de metales pesados en el agua, ella impide el ingreso de oxígeno desde la atmósfera, aporta grandes cantidades de materia orgánica que se sedimenta en el embalse y genera procesos de descomposición anaeróbica, con el consiguiente desprendimiento de malos olores por la formación de metano y ácido sulfhídrico (CH₄ y H₂S).

No obstante, se debe anotar que el almacenamiento de aguas negras en el embalse le ha permitido actuar como laguna facultativa, con eficiencias relativamente altas de remoción de la DBO, lo que ha implicado una devolución de las aguas con mejor calidad que las bombeadas del río, a pesar de la ubicación cercana de los dispositivos de entrada y salida del agua.

El cuarto trayecto va aproximadamente desde Tocaima hasta el río Magdalena. En este tramo la DBO₅ promedia baja a valores cercanos a 20 mg/l, pero el oxígeno disuelto desciende nuevamente al aproximarse al Magdalena, hasta valores inferiores a 2, como consecuencia de la menor velocidad del agua. La carga orgánica del río para caudales medios disminuye de 264 t-O₂/d inmediatamente después de recibir la totalidad de las aguas negras de la ciudad, a 41 t-O₂/d en su desembocadura en el Magdalena, lo que deja ver la gran autoepuración que se logra en el trayecto desde Soacha (cerca del 84%). No obstante, el contenido medio de coliformes totales (NMP/100 ML), si bien disminuye, sigue siendo muy alto: 1.7 millones en Tocaima (Puente Portillo) y 1.2 millones cerca a la desembocadura, en Salsipuedes, con picos de 5.4 y 2.8 millones respectivamente. Aunque el río recibe las descargas de aguas negras de los municipios localizados en su cuenca media y baja (Mesitas, Anapoima, La Mesa, Apulo, Tocaima y otras menores), éstas, por su magnitud, tienen

poca significación en los índices de contaminación del río aguas abajo del Embalse del Muña, frente a la contaminación producida por Bogotá.

- Contaminación Química

La polución química del agua es generada en el presente caso por los vertimientos de las industrias, aunque una parte importante resulta también de las aguas domésticas. Se distinguen dos tipos de poluctantes: las sustancias químicas minerales, como metales pesados y sales vertidas directamente o resultantes de los procesos de descomposición de la materia orgánica contenida en el agua; y las sustancias químicas orgánicas, como los detergentes, aceites y grasas, fenoles y otros similares. Algunas de estas sustancias son tóxicas y otras inhiben el desarrollo de las bacterias encargadas de descomponer la materia orgánica del agua.

Los poluctantes químicos inorgánicos resultan generalmente de los procesos de fabricación, transporte y uso de diversos productos industriales. Existe poca información acerca del tipo y cantidades de contaminantes tóxicos vertidos al río, aunque los más importantes son el mercurio (Hg), el cadmio (Cd), el cromo (Cr), el níquel (Ni), el cobre (Cu), el plomo (Pb), el hierro (Fe), los cloruros y los sulfatos.

Los poluctantes químicos orgánicos son generados igualmente en la actividad industrial, como es el caso de los aceites y grasas, fenoles y otros, aunque también resultan en una proporción importante de la actividad doméstica, en especial los detergentes y parte de los aceites y grasas.

A continuación se presenta la situación de la contaminación química de los diferentes cuerpos de agua de Bogotá, con base en los muestreos más recientes de la CAR (1991, 1993) y de la EAAB. Para efectos de comparación, en el **Cuadro No. 3.12** se presentan los valores de contaminación máximos permitidos según el Decreto No. 2105 de 1983.

- ◊ **Río Salitre o Juan Amarillo:**

- ◆ **Cadmio.-** El nivel medio de este metal es despreciable, aunque se presentan valores máximos de 0,01 mg/l.
- ◆ **Cromo.-** Como en el caso anterior, la concentración media es baja, pero se observan valores máximos de 0,06 mg/l.
- ◆ **Mercurio.-** El nivel medio es bajo, pero los valores máximos son de 0,01 mg/l.

CUADRO No. 3.12 - Normas y Criterios de Calidad Física, Química y Bacteriológicas del Agua Potable

Características	Expresadas como	Valor Admisible	Valor Deseable
Color	Unidades Platino Cobalto UPC	15	5
Olor y Sabor		Inobjetable	Inobjetable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas	5	1
Sólidos Totales	mg/l	500	200
Aluminio	Al	0,2	No detectable
Arsénico	As	0,005	
Bario	Ba	1,0	
Cadmio	Cd	0,005	
Cianuros	CN	0,1	
Cobre	Cu	1,0	
Cromo	Cr ⁺⁶	0,05	
Fenoles	Fenol	0,001	
Mercurio	Hg	0,001	
Nitritos	NO ₂	0,1	
Nitratos	NO ₃	45,0	
Plata	Ag	0,05	
Plomo	Pb	0,05	
Selenio	Se	0,01	
Sustancias Activas al Azul de Metileno	ABS, ALS	0,5	
Grasas y Aceites	Grasas y Aceites	No detectable	
Cloruros	Cl ⁻	250	
Dureza Total	CaCO ₃	30 - 150	
Hierro Total	Fe	0,3	
Magnesio	Mg o CaCO ₃	36	
Manganeso	Mn	0,1	
Sulfatos	SO ₄ ⁼	250	
Zinc	Zn	10	
Plaguicidas			
Aldrin		0,001	
Clordano		0,003	
Carbaril		0,1	
DDT		0,05	
Diazinón		0,01	
Dieldrin		0,001	
Endrin		0,0005	
Heptacloro		0,03	
Lindano		0,005	
Metoxicloro		0,1	
Metilparatión		0,007	
Paratión		0,035	
Toxafeno		0,005	
2 - 4 - D		0,1	
2 - 4 - 5T		0,002	
2 - 4 - 5TP		0,03	
Total Plaguicidas		0,1	

- ◆ **Plomo.**- Mediciones efectuadas entre 1982 y 1986 mostraron valores entre 0,045 y 0,140 mg/l (EPAM, 1993).
- ◆ **Detergentes.**- Las concentraciones de detergentes son en promedio de 6 mg/l y picos de 12 mg/l.

Esta contaminación, proveniente de la ciudad tiende a acumularse en los sedimentos, los cuales mostraron las siguientes concentraciones de metales:

- Cromo	18,40 mg/Kg
- Níquel	11,97 mg/Kg
- Plomo	5,73 mg/Kg
- Zinc	137,50 mg/Kg
- Hierro	4.075,00 mg/Kg
- Mercurio	0,19 mg/Kg

El río Salitre presenta además, altos contenidos de grasas y aceites.

◇ **Río Fucha:**

- ◆ **Cadmio.-** La concentración media de este metal es despreciable, aunque se presentan valores máximos de 0,01 mg/l.
- ◆ **Cromo.-** Tanto la concentración media (0,07 mg/l) como los valores máximos (hasta 0,15 mg/l) son muy altos y se consideran peligrosos para la salud humana.
- ◆ **Mercurio.-** La concentración media es nula, pero los niveles máximos son peligrosos (0,01 mg/l). Sin embargo, es válida aquí la misma observación hecha a propósito del río Salitre.
- ◆ **Plomo.-** Muestreos llevados a cabo entre 1982 y 1986 arrojaron niveles entre 0,025 y 0,087 mg/l, los cuales se pueden considerar medios altos.
- ◆ **Detergentes.-** Tanto la concentración media de muestreo (4,43 mg/l) como las máximas (11,13 mg/l) son muy altas.

◇ **Río Tunjuelo:**

- ◆ **Cadmio.-** La concentración media es despreciable, pero los valores máximos son peligrosos (0,01 mg/l)
- ◆ **Cromo.-** Tanto la concentración media de muestreo (0,24 mg/l) como los valores máximos (0,73 mg/l) son muy altos y se consideran muy peligrosos.

- ◆ **Mercurio.-** Aunque las mediciones de los últimos dos años no muestran la presencia de este metal en el Tunjuelo, mediciones llevadas a cabo entre 1982 y 1987 mostraron valores entre 0 y 0,028 mg/l, valor este último muy alto.
- ◆ **Plomo.-** Muestreos llevados a cabo entre 1982 y 1987 mostraron concentraciones entre 0,030 y 0,465 mg/l, las cuales pueden considerarse de medias a muy altas.
- ◆ **Detergentes.-** Tanto la concentración media de muestreo (4,37 mg/l) como los niveles máximos (10,89 mg/l) son muy altos.

Los lodos del fondo del río Tunjuelo, presentaron las siguientes concentraciones:

- Hierro	1.404,0 mg/Kg
- Cromo	118,5 mg/Kg
- Plomo	16,02 mg/Kg
- Níquel	8,40 mg/Kg
- Cobre	5,71 mg/Kg
- Zinc	58,20 mg/Kg

- ◇ **Río Bogotá:** La situación media de los más importantes poluciantes químicos minerales y orgánicos es la siguiente, con base en los muestreos llevados a cabo por la CAR en 1991 y 1993.
 - ◆ **Cadmio.-** Como en los casos de sus tributarios urbanos, la concentración media de este metal en el río Bogotá es despreciable, pero se observan valores máximos peligrosos (0,01 mg/l en todo su recorrido, salvo en La Guaca, donde se presentan concentraciones muy altas (promedio en mediciones de 7,07 y máximo de 84,81 mg/l).
 - ◆ **Cromo.-** Las concentraciones de cromo total presentan picos en varios tramos del río: en la parte superior de la cuenca alta, inmediatamente después de los vertimientos de las curtiembres de Villapinzón, donde se alcanzan valores medios de muestreo de 0,07 y máximos de 0,21 mg/l, en la estación de Chingacio; después de la desembocadura del río Tunjuelo, donde se alcanzan niveles medios de muestreo de 0,02 y máximos de 0,09 mg/l (estación Las Huertas), también aquí como consecuencia de las curtiembres de la cuenca del Tunjuelo principalmente; y luego a partir de La Guaca, donde las concentraciones medias alcanzan valores entre 0,03 y 0,04 mg/l).

- ◆ **Mercurio.**- La presencia de mercurio en las aguas del río empieza a ser notoria aguas abajo de las curtiembres de Villapinzón, aunque se presenta un pico después de la desembocadura del río Tunjuelo. La concentración es muy alta: media de 0,01 mg/l y máxima de 0,08 mg/l. En los tramos intermedios las concentraciones disminuyen, siendo notorias especialmente las máximas (entre 0,01 y 0,02 mg/l).
- ◆ **Plomo.**- El plomo presenta en general concentraciones moderadas a altas a todo lo largo del río, con dos tramos en los cuales éstas alcanzan valores altos a muy altos: el primero ubicado en la parte alta del río, entre Villapinzón y Sesquilé, donde se observan concentraciones medias de muestreo entre 0,04 y 0,06 mg/l y máximas entre 0,32 y 0,34 mg/l; y el segundo en su tramo inferior, a partir de La Guaca, con concentraciones medias entre 0,03 y 0,04 mg/l y máximas de 0,21 a 0,24 mg/l. En el sector de influencia de la ciudad (entre Juan Amarillo y el Muña) las concentraciones medias de muestreo varían de 0,02 a 0,03 y las máximas de 0,16 a 0,17 mg/l.
- ◆ **Detergentes.**- Los detergentes, junto con los aceites y grasas, son importantes, especialmente a partir de la desembocadura del río Juan Amarillo, aunque la mayor contaminación se observa entre ésta y el embalse del Muña, con promedios de 3,04 a 4,11 mg/l y máximos de 5,79 a 7,45 mg/l. Aunque en la cuenca media y baja las concentraciones disminuyen, ellas continúan siendo altas, con promedios superiores a 2 mg/l.
- ◆ **Pesticidas.**- Las concentraciones de pesticidas en la hoya baja del río Bogotá fueron medidas en el canal de La Salada, municipio de Tocaima con los resultados que se muestran en el **Cuadro No. 3.13**.

CUADRO No. 3.13 - Concentración de Pesticidas en las Aguas del Canal La Salada (Bocatoma) Año: 1994

Pesticidas Organoclorados µg/l	Número de Muestra							
	1039 Sept 5	1044 Sept 6	1047 Sept 7	1069 Sept 8	1076 Sept 9	1094 Sept 17	1121 Sept 24	1211 Oct 22
Lindano	0,60	0,00	0,22	0,00	0,26	0,47	0,00	0,00
Aldrin	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00
Heptaclor B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,89	1,37	0,00
4,4 DDT	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,14	0,00

Fuente: Instituto Nacional de Adecuación de Tierras (INAT). Estudio de Impacto Ambiental Distrito de Riego Tocaima - Girardot. Gradex Ingeniería Ltda.

- Polución Física

La contaminación física de las aguas del río Bogotá es debida a los materiales sólidos insolubles en el agua, tales como arcillas, arenas, gravillas y otros, los cuales previenen generalmente de la erosión de las vertientes y lechos fluviales, de la explotación de canteras, gravilleras e industrias ladrilleras, de la construcción y mantenimiento de las vías, de la basura depositada en las calles y plazas, de las actividades domésticas y de la industria. Las fuentes son entonces muy numerosas, pero los efectos son los mismos: turbidez de las aguas, sedimentación de cauces naturales y redes de alcantarillado, colmatación de lagunas y embalses, entre otros. Otros tipos de polución física, como por ejemplo la polución térmica debida a los vertimientos de aguas de enfriamiento de ciertas industrias y centrales térmicas. no tienen importancia en la ciudad.

- ◊ **Sólidos Totales y Sólidos en Suspensión:**

- ◆ **Ríos Salitre, Fucha y Tunjuelo.-** Los tres ríos presentan concentraciones medias de muestreo de sólidos totales muy altas: 409 el Salitre, 544 el Fucha y 966 mg/l el Tunjuelo, con máximos de 572 y 2.390 mg/l respectivamente. Una situación similar se presenta para los sólidos en suspensión, cuyos promedios respectivos son de 170, 244 y 568 mg/l.

- ◆ **Río Bogotá.-** Los sólidos totales en este río presentan concentraciones altas a partir de los vertimientos de la zona industrial Cajicá - Zipaquirá, con valores medios superiores a 350 mg/l, si bien se observan dos tramos picos: el primero después de la desembocadura del río Salitre, con 1.256 mg/l, frente a la ciudad, y el segundo en el tramo inferior del río, entre Tocaima y Girardot, con valores medios entre 820 y 981 mg/l. Una situación similar se presenta con los sólidos suspendidos, cuyos promedios generales (de 100 y 230 mg/l) se disparan entre el Salitre y el Fucha (76 mg/l) y en el tramo inferior del río (576 a 704 mg/l).

Se estima que el río Bogotá aporta al Magdalena 2051 t-O₂/d de SST y 1.473 t-O₂/d de SS en el agua, en condiciones de caudales medios.

- El Problema de las Inundaciones

Aunque las inundaciones no constituyen necesariamente un problema de degradación de los recursos hídricos, puesto que ellas son un fenómeno natural propio de las llanuras aluviales, en el caso de Bogotá ellas representan un problema ambiental por las siguientes razones:

- ⇒ La llanura aluvial actual, conformada por las vegas bajas del río Bogotá y de sus tributarios, ha sido invadida en algunos sectores por asentamientos urbanos, generalmente de condiciones precarias, los cuales son alcanzados por las inundaciones durante las crecidas fuertes de los ríos, con los consiguientes daños en las construcciones y en los bienes muebles.
- ⇒ No obstante, lo más grave desde el punto de vista ambiental no son las inundaciones propiamente dichas, sino las condiciones sépticas de las aguas, las cuales originan serios problemas de salud a las poblaciones afectadas. Además, las aguas de desborde contaminan bacteriológica y químicamente a los pastos y ganados, además del suelo.

Según Epam (1993), la población expuesta a las inundaciones del río Bogotá y sus afluentes es bastante numerosa: cerca de 125.000 personas distribuidas en no menos de 45 barrios, principalmente de las Localidades de Bosa y Kennedy.

• Fuentes de la Contaminación Hídrica

Las fuentes de la contaminación hídrica en Bogotá se pueden reducir a tres: las descargas de aguas domésticas, los vertimientos industriales y los arrastres de la escorrentía superficial.

- ◇ **Aguas Residuales Domésticas:** Las aguas residuales domésticas son responsables de la mitad de la contaminación biológica. De la carga orgánica total que genera Bogotá (467,25 t-O₂/d), éstas aportan el equivalente a 254,66 t-O₂/día, o sea el 54% de la misma. Esta carga orgánica está constituida como se muestra en el **Cuadro No. 3.14**.

CUADRO No. 3.14 - Carga Orgánica de las Aguas Residuales

Año	Caudal (m ³ /s)	Carga Doméstica (t-O ₂ /d)	Carga Industrial (t-O ₂ /d)	Total (t-O ₂ /d)
1991	14,60	254,7	212,6	467,3
2000	17,60	315,7	234,6	550,4
2010	20,86	382,6	255,7	638,2
2020	23,92	448,1	269,8	717,9

En el caso de Bogotá, la mayor contaminación es aportada por la cuenca del Fucha (42,3%), seguida por las del Salitre (28,2%) y el Tunjuelo (22,2%)

Las aguas domésticas son las principales responsables de la contaminación por detergentes. El Cuadro No. 3.11 permite apreciar la carga de cada una de estas cuencas. La mayor polución es aportada por el Fucha (62%), seguida por el Salitre (21%) y el Tunjuelo (17%), si se consideran sólo las cuencas de drenaje mayores.

- ◇ **Aguas residuales industriales:** Las aguas residuales industriales generan una demanda de 212,59 t-O₂/día, equivalentes al 46% de la carga orgánica total que produce Bogotá.

En este caso, la mayor contaminación por aguas industriales es aportada por la cuenca del Fucha (78,4%), seguida muy de lejos por las cuencas del Salitre (10,6%) y del Tunjuelo (7,8%).

Las aguas residuales industriales son responsables en su casi totalidad de la contaminación por metales tóxicos y por ciertos productos químicos orgánicos como fenoles, aceites y grasas.

Se observa que en el caso del cromo, el principal aportante es el río Tunjuelo, seguido por el Fucha. Esto se explica por la presencia en esta cuenca de numerosas curtiembres y de industrias químicas y petroquímicas. Otros datos de años anteriores (EAAB 1982-87, EPAM, 1993) muestran que el río Tunjuelo también es el más contaminado con cadmio, plomo mercurio, cobre y níquel, mientras que el Fucha presenta las más altas concentraciones de fenoles y zinc.

- ◇ **Aguas de Escorrentía Superficial:** Los drenajes de patios de canteras, ladrilleras y chircales, los bombeados de las gravilleras, los provenientes de lavaderos de arena y los que escurren libremente sobre el suelo, son los principales responsables de los aportes de materiales sólidos insolubles a la red hidrográfica. No obstante, estos materiales también son aportados en proporciones significativas por las aguas residuales domésticas e industriales.

Como se anotó anteriormente, el Tunjuelo es el principal aportante de materiales sólidos (362 t-O₂/d de SS), lo que coincide con el hecho de que su cuenca es la que presenta el mayor nivel de degradación por la acción de numerosas industrias de chircales, gravilleras, areneras y receberas, además de presentar zonas altamente erosionadas y urbanizaciones subnormales en terrenos pendientes y desprotegidos. Le sigue en importancia el Fucha, con 263 t-O₂/d, en gran parte de origen industrial, y

luego el Salitre, con 123 t-O₂/d. En total, se estima que la ciudad aporta al río Bogotá un total de 782 t-O₂/d de SS.

3.3.2. Calidad del Agua del Río Magdalena

Por ser el río Magdalena el receptor del río Bogotá, la calidad de sus aguas puede verse afectada a consecuencia de las crecientes cargas contaminantes aportadas por este último. No obstante, existen algunas condiciones favorables que hacen que el cambio esperado en la calidad de las aguas del Magdalena no sea tan importante. A continuación se presenta una evaluación de la situación actual y futura, con base en las desafortunadamente pocas mediciones de la contaminación en este último río.

- Contaminación Biológica

Los Cuadros Nos. 3.15 y 3.16 presentan un resumen de las pocas mediciones disponibles sobre la contaminación del río Magdalena. Con base en el promedio de siete muestreos realizados por el HIMAT entre 1986 y 1989, se puede concluir que el OD disminuye de 6,8 antes de la confluencia del Bogotá (en Purificación, 60 km, arriba) a 5,9 mg/l después de la confluencia (en Nariño, 22 km, abajo). La demanda química de oxígeno (DQO) aumenta, por su parte, de 28,3 a 40,6 mg/l entre las mismas estaciones.

No obstante, si se consideran los promedios de cuatro muestreos realizados por el Inderena en 1987, se observa que la disminución del OD entre Girardot (antes del Bogotá) y Nariño es apenas de una décima (6,1 a 6,0 mg/l). Así mismo, los promedios de 30 muestreos llevados a cabo por el HIMAT entre 1983 y 1986 muestran un descenso del OD de 6,2 a 5,7 mg/l entre Purificación y Nariño. Un promedio ponderado de las tres fuentes mencionadas muestra un descenso de 6,3 a 5,8 mg/l entre Purificación y Nariño. Estas disminuciones son atribuibles en su mayor parte al aporte de aguas negras del río Bogotá. Se debe tener en cuenta, en efecto, que luego de alcanzar promedios de 6.3 mg/l en el Magdalena Medio, el OD vuelve a bajar a valores cercanos a 5 mg/l en el Bajo Magdalena, lo que indica que existen otros procesos consumidores de oxígeno diferentes a la polución del río Bogotá.

- Contaminación Química

Según las campañas de muestreo adelantadas por el HIMAT entre 1986 y 1989, la situación de los metales traza en el tramo inmediatamente aguas arriba y aguas abajo de la confluencia del río Bogotá es la siguiente (**Cuadro No. 3.15**):

CUADRO No. 3.15 - Concentraciones Medias de algunos Parámetros en el Río Magdalena antes y después del Río Bogotá (1986 - 1989)

Parámetro	Purificación (Antes)	Nariño (Después)	Pto. Salgar (Después)	Valor Normal ¹	Límite Permisible ²
Oxígeno disuelto (mg/l)	6,8	5,9	5,9		6
Sólidos totales (mg/l)	668,0	478,0	1.021,0		500
DQO (mg/l)	28,3	40,6	39,0		
Cobre total (ppb)	14,1	11,5	3,6	1,80	1.000
Plomo total (ppb)	0,6	1,5	2,6	0,20	50
Cadmio total (ppb)	0,24	0,64	0,67	0,07	10
Zinc total (ppb)	18,60	23,50	12,50	10,00	15.000
Manganeso (ppb)	4,10	6,00	1,30	5,00	
Hierro (ppb)	133,0	118,0	70,00	30,00	
Níquel (ppb)	0,00	0,00	0,00	0,30	
Arsénico (ppb)	0,00	0,27	0,53	2,00	50
Mercurio (ppb)	0,007	0,000	0,003	0,10	2

Fuente: HIMAT, 1991. Datos medios de 1986 -89 (7 muestras). Concentraciones de metales en fase soluble
¹ Valor normal: Valor normal en aguas dulces ² Límite permisible para consumo humano con tratamiento convencional

CUADRO No. 3.16 - Concentración Medias de OD y DBO en Periodos Diferentes

Parámetro	Purificación	Girardot	Nariño	Cambao	Honda
Oxígeno disuelto (mg/l)	6,2		5,7		
Oxígeno disuelto (mg/l)	6,0	6,1	6,0	6,4	7,9 ²
DBO (mg/l)	1,0	2,2	1,8	1,8	1,6 ²

¹ HIMAT, 1983 - 86 (30 muestreos)

² INDERENA - PROCAM, 1987 (4 muestreos)

En términos generales, las concentraciones de metales en fase soluble están muy por debajo de los límites permisibles para consumo humano con tratamiento convencional.

- ◊ Excepto para níquel, arsénico y mercurio, los demás metales presentan concentraciones superiores al valor normal en aguas dulces, sin que ello implique peligro para la fauna acuática o para la salud humana.

- ◊ Dentro del marco anterior, la situación de los diferentes metales traza es la indicada a continuación.
 - ◆ **Cobre.**- La concentración antes de la confluencia (Purificación) es mayor que la de aguas abajo (Nariño).
 - ◆ **Plomo.**- La concentración crece aguas abajo de la confluencia, lo que podría indicar un impacto del río Bogotá. No obstante, se debe decir que concentraciones mucho más altas, del orden de 5,4 ppb, se encuentran en el Alto Magdalena.
 - ◆ **Cadmio.**- Al igual que para el plomo, la concentración de cadmio crece a partir del río Bogotá, si bien se debe anotar que tanto en el curso alto del río Magdalena como en el curso bajo se observan valores mucho más altos (de 16 y 4,5 ppb respectivamente).
 - ◆ **Zinc Total.**- Las concentraciones crecen ligeramente después de la confluencia (Nariño) y luego disminuyen. Sin embargo, en el Bajo Magdalena se observan niveles mucho más altos, de hasta 36 ppb.
 - ◆ **Manganeso.**- Como en el caso anterior, las concentraciones crecen ligeramente después de la confluencia del Bogotá, pero luego disminuyen. Valores mucho más altos, del orden de 13 ppb, se observan en el Bajo Magdalena.
 - ◆ **Hierro.**- Las concentraciones de este metal son más altas aguas arriba de la confluencia del Bogotá y también en el Bajo Magdalena (133 y 156 ppb respectivamente).
 - ◆ **Arsénico.**- Las concentraciones aumentan después de la confluencia del río Bogotá, si bien se observan valores comparables o más altos en el Alto y Bajo Magdalena (0,24 y 0,68 ppb respectivamente).
 - ◆ **Mercurio.**- No se detecta la presencia de mercurio inmediatamente después de la confluencia del Bogotá (Nariño), si bien se observan valores bastante altos en el Alto Magdalena (0,060 ppb), pero sobre todo en el Bajo Magdalena (0,120 ppb).

En términos generales, se debe anotar que los niveles encontrados a lo largo del río Magdalena para todos los elementos traza son muy bajos, incluso si se comparan con las concentraciones establecidas por la EPA (HIMAT, 1991). Ocasionalmente, sin embargo, se pueden observar niveles altos, como sucede con el cadmio en algunas estaciones localizadas en el Alto Magdalena, aguas

arriba de Neiva, y también en el Bajo Magdalena, aguas abajo de la zona lacustre (Magangué, Calamar y Colpuertos).

- Polución Física

El río Magdalena presenta una alta contaminación por materiales sólidos insolubles, como consecuencia del gran tamaño de su cuenca y de la existencia de grandes áreas erosionadas. Las mediciones realizadas por el HIMAT (**Cuadro No. 3.15**) muestran que el contenido de sólidos totales es relativamente más bajo en el tramo de influencia del río Bogotá que en el sector aguas arriba (Purificación) y aguas abajo (Puerto Salgar).

3.3.3. Calidad del Agua del Municipio de Agua de Dios

El municipio de Agua de Dios utiliza el río Bogotá como fuente para su planta de tratamiento de agua potable. En dicha planta se realiza un tratamiento de tipo convencional. En el **Cuadro No. 3.17** se presenta un análisis de la calidad del agua tratada.

Aunque el tratamiento del agua remueve en 98,5% la DBO₅ y 48,1% la DQO, la calidad final del agua del acueducto de Agua de Dios no cumple con las normas nacionales vigentes del agua potable, presentando entonces graves riesgos para la salud de la población. Parámetros de conocida peligrosidad se encuentran por encima del límite, permisible establecido por el Decreto No. 2105 de 1983 del Ministerio de Salud, es así que el plomo está un 90% por encima de este límite, el mercurio lo sobrepasa en 300%, los nitritos en 2.900%, el aluminio en 190%, los detergentes en 128%, además se encontró una concentración de 5 mg/l de grasas y aceites. Según los resultados aquí expuestos la calidad del agua para consumo humano y doméstico en el municipio de Agua de Dios es inaceptable y su continuo uso puede ocasionar graves lesiones en la salud de la comunidad.

Durante la visita realizada al lugar se comprobó que la población rechaza esta fuente de agua pero la utiliza para el aseo y otras actividades diferentes a el consumo humano.

El muestreo realizado para obtener estos resultados, es puntual y se efectuó solo dos veces, hecho que no hace representativa ni 100% confiable la información obtenida, sin embargo es una voz de alarma sobre la calidad de agua que se está obteniendo del río Bogotá, en este municipio.

CUADRO No. 3.17 - Calidad del Agua - Acueducto de Agua de Dios

Parámetros	Expresadas como	Norma Valor Admisible ¹	Acueducto Agua de Dios
Color	Uniones Platino Cobalto	15	--
Olor y Sabor		Inobjetable	Inobjetable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas	5	--
Sólidos Totales	mg/l	500	180
Aluminio	Al	0,2	0,58
Bario	Ba	1,0	No se determinó
Arsénico	As	0,05	No se determinó
Cadmio	Cd	0,005	No se determinó
Cianuros	CN	0,1	No se determinó
Cobre	Cu	1,0	0,039
Cromo	Cr ⁺⁶	0,05	≤0,041 N.D.
Fenoles	Fenol	0,001	0,000
Mercurio	Hg	0,001	0,004
Nitritos	NO ₂	0,1	3,0
Nitratos	NO ₃	45	1,45
Plata	Ag	0,05	No se determinó
Plomo	Pb	0,05	0,092
Selenio	Se	0,01	No se determinó
S.A.A.M.	ABS, Als	0,5	1,14
Grasas y Aceites	Grasas y Aceites	No detectable	5
Cloruros	Cl ⁻	250	54
Hierro	Fe	0,3	0,3
Magnesio	Mg	36	2,6
Manganeso	Mn	0,1	0,068
Sulfato	SO ₄	250	32
Zinc	Zn	10	0,059

Fuente: Informe de Línea base Ambiental de la Hoya baja del río Bogotá. Gómez Cajiao - J. Montgomery. 1991
Decreto No. 2105 de julio de 1983 del Ministerio de Salud

3.3.4. Composición de los Lodos del Río Bogotá en su Hoya Baja

Es poca la información histórica que se tiene sobre la calidad de los sedimentos del fondo del río Bogotá; en 1981 el Instituto Nacional de la Salud y la CAR realizaron un estudio sobre la contaminación del río Bogotá, posteriormente en 1990 la CAR mediante contrato con Ingseries efectuó un estudio sobre la calidad de los lodos en el río Bogotá, y en 1991 la EAAB realizó un programa de muestreo y caracterización de los sedimentos del río Bogotá. En los Cuadros Nos. 3.18 y 3.19 se observan los resultados obtenidos en 1981 y 1991 en lo concerniente a la hoya baja.

Los sedimentos en estudio están altamente poluídos, en ellos se encuentran concentraciones muy elevadas de sustancias indicadoras de contaminación como son el Cr, Pb, Ni, Cu, Mn, Fe, Zn, Na, Mag, y plaguicidas organoclorados.

CUADRO No. 3.18 - Composición de los Lodos del Río Bogotá y de otras Fuentes Superficiales de la Hoya Baja

Sustancias Tóxicas (mg/kg)	Estación						
	Río Bogotá					Río Calandaima	Quebrada Santa Marta
	Alicachín	La Guaca	Cementos Diamante	Puente Portillo	Lomitas	Puente Samper - Madrid	1 km antes de la desembocadura
Plaguicidas Organoclorados							
Lindano	—	15,8696	6,0117	7,7735	—	—	4,7490
Heptacloro	330,9684	12,1835	76,8282	12,5715	45,7188	8,3500	21,9811
Heptacloro Epóxico	—	—	0,3809	—	—	—	—
Dieldrin	—	4,8214	2,6128	—	1,6862	—	—
Total	330,9684	32,874	85,8336	20,3450	47,4050	8,3500	26,729
Cr	32,7	29,6	—	19,7	29,7	—	18,8
Pb	513,5	283,0	—	168,9	224,1	—	238,6
Ni	104,2	32,4	—	22,4	25,1	—	41,7
Cd	12,10	9,70	—	3,00	3,43	—	1,96
Cu	12,10	9,70	—	6,70	8,80	—	14,60
Mn	25,8	78,2	—	54,4	58,3	—	62,5
Fe	28.903,0	23.051,0	—	11.184,0	11.721,0	—	32.834,0
Zn	78,3	233,6	—	136,6	156,7	—	159,1
Hg	0,294	N.D	—	0,251	N.D	—	N.D
Na	330,5	574,0	—	285,8	457,2	—	754,2
Mg	331,5	148,5	—	844,0	979,0	—	0,0025

Fuente: EAAB, Octubre de 1991

N.D = No Detectado

CUADRO No. 3.19 - Características de los Lodos del Río Bogotá en la Hoya Baja vs. los Valores Permisibles según Resolución No. 02309/86 del Ministerio de Salud

Contaminante	Expresada como	Máxima (mg/l)	Encontrada (mg/kg)
Cadmio	Cd	0,5	3,0
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	5,0	19,7
Plomo	Pb	5,0	168,9
Mercurio	Hg	0,1	0,294
Endrin	Agente Activo	0,05	No se determinó
Lindano	Agente Activo	0,5	6,0117
Dieldrin	Agente Activo	0,1	1,6862
Heptacloro	Agente Activo	3,0	12,1875

Fuente: Informe de Línea base Ambiental de la Hoya baja del río Bogotá. Gómez Cajiao - J. Montgomery. 1991

Según el programa de caracterización efectuado por el Instituto Nacional de Salud en 1981 el sitio donde se encontró el nivel más alto de insecticidas organoclorados fue en puente Cundinamarca (Fontibón) con niveles de un total de

14,0 ppm. Esta cifra se debe a la presencia elevada de lindano (14,0 ppm); el lugar donde se halló la más baja cifra fue en Villapinzón con un total de 0,0222 ppm. Es de mencionar el alto contenido de estas sustancias hallado aguas abajo de curtiembres Villapinzón de 0,0370 ppm.

Con base en la información suministrada por la EAAB del muestreo efectuado en 1991, en la Cuenca Baja el sitio más contaminado es Alicachín con la presencia de heptacloro con un valor de 330,96 mg/kg; otro sitio que llama la atención por la diversidad de plaguicidas encontrados y su alto contenido es Cementos Diamante en donde se presentan 6,01 mg/kg de lindano, y 76,82 mg/kg de heptacloro epóxico.

Por sus características y alto contenido de sustancias indicadoras de contaminación, estos lodos son considerados como "Residuos Especiales Tóxicos" en la Resolución No. 02309 de 1986 del Ministerio de Salud.

En todo el recorrido del río en la cuenca baja las sustancias indicadoras de contaminación presentan índices elevados, muy por encima de los límites permisibles aceptados por la legislación en mención.

Todas las sustancias indicadoras de contaminación enunciadas anteriormente sobrepasan los límites establecidos por la legislación. La calidad altamente contaminada de estos sedimentos es consecuencia directa de las características deterioradas y poluidas del agua del río.

La concentración más alta de plomo se halló en Alicachín con 513,5 mg/kg y la más baja en Puente Portillo con 168,9 mg/kg.

La concentración más alta de hierro se halló también en Alicachín con 28.903 mg/kg y la más baja en Puente Portillo con 11.184 mg/kg.

El comportamiento de los plaguicidas organoclorados es similar a la tendencia observada por el hierro y el plomo, sin embargo, aunque todos los indicadores de contaminación registran un descenso en su concentración en un tramo final, los sedimentos del río continúan siendo tóxicos.

3.3.5. Calidad del Agua Subterránea

- Sabana de Bogotá

Las aguas del subsuelo de la Sabana de Bogotá son predominantemente alcalinas, bicarbonatadas sódicas o sodicocálcicas, de dureza y alcalinidad medianamente altas, y con una proporción alta de bicarbonatos alcalinos sobre el resto de componentes. En gran parte de la Sabana el agua presenta altas

concentraciones de calcio, magnesio, cloruros y hierro. Los estratos superiores del acuífero presentan frecuentemente altos valores de color y carga orgánica.

Para uso en riego, estas aguas presentan un riesgo mediano de salinización de suelos. En la región de Tabío y en la margen occidental de la Cordillera Cota - Tenjo se presentan aguas salobres profundas, posiblemente asociadas con las Salinas de Zipaquirá.

Durante el presente estudio se evaluó la información disponible sobre pozos en las áreas vecinas al sitio a la planta, con los siguientes resultados:

- ◊ **Sitio de la Planta de El Salitre:** El pozo somero más cercano al sitio de la planta y en explotación continua es el de Oikos I. Las aguas de este pozo presentan una concentración de sólidos totales y disueltos de 443 mg/l y 351 mg/l, respectivamente. Son aguas de alta alcalinidad (255 mg/l como CaCO_3), moderada dureza (72 mg/l como CaCO_3), alto color y turbidez (90 unidades y 36 unidades respectivamente), ligeramente ácidas (pH 6.3) y con altos contenidos de hierro (4.18 mg/l), cloruros (20.9 mg/l), amoníaco (28 mg/l) y CO_2 (63,3 mg/l como CO_2).

Otros pozos someros y aljibes como los de la finca Guadalajara, presentan condiciones similares, esto es, son aguas alcalinas y moderadamente duras, ferruginosas y con apreciable contenido orgánico, ligeramente ácidas y corrosivas. Estas aguas requieren tratamiento convencional de potabilización antes de consumo humano y posiblemente aireación y tratamiento biológico para reducir su carga orgánica.

En la margen oriental del río Bogotá, estas aguas podrían presentar contaminación por lixiviados del antiguo relleno sanitario de El Cortijo y del actual relleno de material de excavación, cerca a los predios de la futura planta.

• Calidad de Agua Subterránea en la Hoya Baja

La zona en donde se explota agua subterránea en forma más intensiva en la hoya baja, es en el tramo correspondiente al distrito de riego Tocaima - Girardot, en donde existen los siguientes pozos:

- ◊ **S1:** Perforado por una empresa petrolera en labores de exploración y relacionado en el archivo de Ecopetrol como pozo Chawina 1, con una profundidad de 1.650 m y un caudal de 3 l/s.

- ◇ **S2, S4 y S5:** Son aljibes sobre la margen derecha del río Bogotá, construidos sobre depósitos aluviales antiguos, revestidos con tubería perforada de cemento. La tabla de agua está entre 3 y 4 m de profundidad.
- ◇ **S3:** Perforado por La CAR a una profundidad de 200 m. De él se extraen 2 l/s para el acueducto de la vereda La Salada.

En el **Cuadro No. 3.20** se presentan los análisis físico - químicos realizados a dichos pozos. El análisis de las cifras mostradas indica que las aguas analizadas son aptas para consumo humano con las siguientes salvedades:

- ◆ **Bario.**- El valor encontrado de Bario en el pozo S1 (2ppm) está por encima del valor reglamentado en el Decreto No. 1594 de 1984 de aguas para uso potable. Los valores encontrados en los otros pozos son inferiores a los reglamentados.
- ◆ **DBO₅ y DQO:** Los valores de DBO y DQO de los pozos son aceptables para aguas que pueden servir como fuente de consumo humano a excepción del pozo S2, que presenta valores superiores a 10 mg/l de DBO, confirmados en un segundo monitoreo.
- ◆ **Grasas y Aceites:** Las reglamentaciones no establecen valores límites para este parámetro pero indican que no se aceptarán grasas y aceites visibles en el cuerpo de agua para fines pecuarios y potables. Los pozos subterráneos muestreados en el laboratorio se encontraron valores bajos de los mismos.
- ◆ **Hierro:** Los valores de hierro encontrados en los pozos de agua subterránea son típicos de aguas subterráneas y son fácilmente reducidos mediante aireación.
- ◆ **Magnesio:** Los valores medidos en los pozos 1 y 3 son inferiores a los reglamentados en el Decreto No. 2105 de 1983 el cual es de 36 mg/l para agua potable; las aguas de los pozos 2, 4 y 5 superan este valor, lo cual puede producir algo de mal sabor al agua, tener repercusiones indirectas sobre la salud (efectos laxantes).
- ◆ **Nitratos:** El valor límite de Nitratos para aguas que pueden ser fuente de aguas para uso humano es superado solamente en el pozo 5.
- ◆ **Turbiedad:** La turbiedad existente en la mayoría de los pozos es alta, pero puede ser fácilmente disminuida con tratamiento físico - químico.

**CUADRO No. 3.20 - Análisis Físico - Químico de Aguas Subterráneas.
Año 1994**

Parámetro	Unidad	Fecha y Sitio de Muestreo					
		Pozo S1	Pozo S2	Pozo S2	Pozo S3	Pozo S4	Pozo S5
Aluminio por A.A	mg/l Al	<1,0	<1,0		<1,0	<1,0	<1,0
Arsénico (por hidruros)	mg/l As	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01
Bario por A.A	mg/l Ba	2,00	<0,1		<1,0	<0,1	<1,0
Cianuros (Colométrico)	mg/l CN	<0,002	<0,002		<0,002	<0,002	<0,002
Cloruros	mg/l Cl ⁻	111,60	111,60	783,00	61,00	40,50	26,50
Cobre por A.A	mg/l Cu	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01
Color	Unidades H	20,00	20,00		40,00	50,00	20,00
Cromo	mg/l Cr	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01
Compuestos Organoclorados	µg/l						
Compuestos Organofosforados	µg/l	-	-		-	-	-
DBO ₅	mg/l O ₂	10,00	20,00	15,00	8,00	6,00	3,00
DQO	mg/l O ₂	30,00	39,80	50,00	20,00	20,00	12,00
Dureza Total	mg/l CaCO	284,00	2.525,00	2.445,00	142,00	318,00	881,00
Fenoles Totales	mg/l Fenol		<0,01		<0,01	<0,01	<0,01
Grasas y Aceites	mg/l	0,60	0,20		0,40	0,34	0,40
Hierro Total por A.A	mg/l Fe	0,11	0,74		3,86	0,10	0,22
Coliformes Totales	NMP/100 m	-		7	-	-	-
Coliformes Fecales	NMP/100 m	-		<3	-	-	-
Magnesio por A.A	mg/l Mg	13,80	350,00	328,00	10,20	96,00	112,00
Manganeso por A.A	mg/l Mn	0,02	0,05		0,37	0,64	0,62
Mercurio (vapor frío)	mg/l Hg	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
Nitratos	mg/l N	<0,1	<0,1		<0,1	5,95	15,47
Nitritos	mg/l N	<0,05	<0,05		<0,05	0,05	<0,05
Olor (Análisis Organoléptico)		-	-		-	-	-
pH	Unidades			7,05			
Plata por A.A	mg/l Ag	<0,01				<0,01	<0,01
Plomo por A.A	mg/l Pb		<0,1		<0,1	<0,1	<0,1
Selenio por A.A	mg/l Se	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01
Sólidos Totales	mg/l	406,70	3.662,00	3.702	831,60	1.925,60	2.049,00
Sulfatos	mg/l SO ₄	1,60	3.374,20	3.129	213,30	1.414,00	1.926,00
Turbidez	Unidades N	0,80	34,50		14,94	4,50	670,00
Tensoactivos Aniónicos	mg/l SAAM	0,12	0,28		0,40	0,36	0,23
Zinc por A.A	mg/l Zn	<0,01	0,04		0,04	0,03	0,02

PARTE TRES

**ESTADÍSTICAS DE LOS PARÁMETROS CLIMÁTICOS
RECOPIADOS PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA
DEL PROYECTO**

**PRECIPITACIÓN
EVAPORACIÓN
TEMPERATURA DEL AIRE
HUMEDAD RELATIVA
BRILLO SOLAR
RADIACIÓN SOLAR
VIENTOS**

000009
L
2

CUADRO No. BH-1D BALANCE HIDRICO CLIMATICO - VALORES MULTIANUALES A 1993 (mm.)

ESTACION TISQUESUSA

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACION	26	43	69	83	86	61	30	40	56	99	84	48	734
ETP	81	76	86	77	71	72	69	75	80	77	82	93	939
ALMACENAMIENTO				7	22	11	19			22	24		106
DEFICIT	55	33	17					16	24			21	166
EXCESO													0
P. HUMEDO				====	====					====	====		4
P. INTERMEDIO			*****			====		*****	*****			*****	5
P. SECO	====	====											2
DOS PERIODOS HUMEDOS (ABR, MAY) Y EL OTRO UN POCO MAS ASENTUADO (OCT, NOV).													
UNA TRANSICION TENDIENTE A SECO LOS MESES (MAR, JUN, AGT, SET, DIC).													
COMO PERIODO SECO (ENE, FEB).													

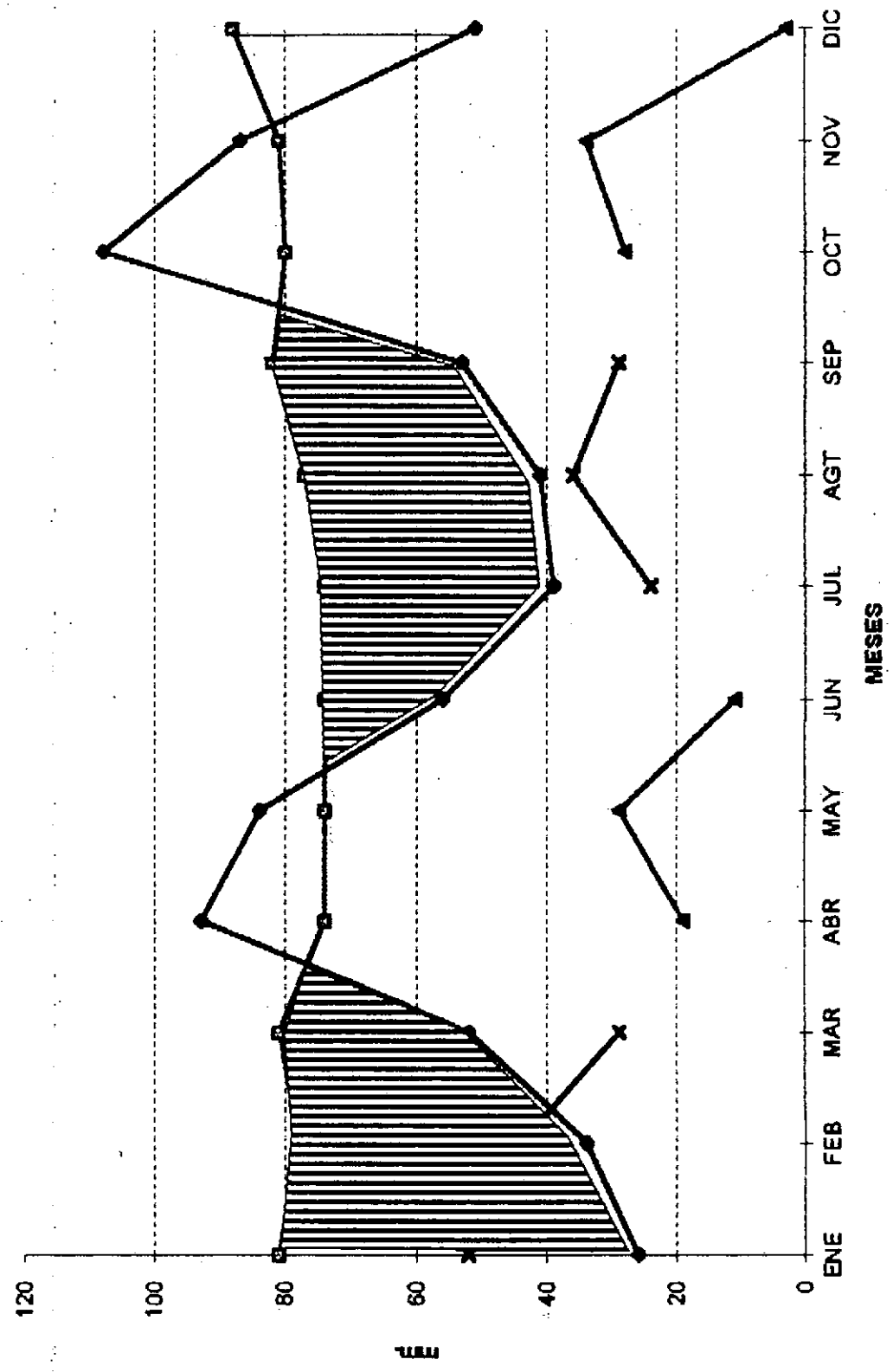
CUADRO No. EH-1E BALANCE HIDRICO CLIMATICO - VALORES MULTIANUALES A 1993 (mm.)

ESTACION LA RAMADA

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACION	26	34	52	93	84	56	39	41	53	108	87	51	724
ETP	81	78	81	74	74	74	74	77	82	80	81	88	944
ALMACENAMIENTO				19	29	11				28	34	3	124
DEFICIT	52	44	29				24	36	29				214
EXCESO													0
INDICE DE ARIDEZ	1.18	1.48	2.26	4.04	3.65	2.43	1.77	1.86	2.3	4.69	3.78	2.21	31.65
P. HUMEDO													4
P. INTERMEDIO													7
P. SECO													1

DOS PERIODOS HUMEDOS (ABR, MAY) Y (OCT, NOV) ESTE UN POCO MAS ACENTUADO.
 LA TRANSICION EN LOS MESES (MAR, JUL, AGT, SEP) PRESENTA UNA TENDENCIA A SECO.
 CON ALMACENAMIENTO EL MES DE (JUN)
 EL PERIODO SECO (ENE, FEB)

GRAFICA No. BH-1E BALANCE HIDRICO CLIMATICO ESTACION LA RAMADA



- PRECIPITACION
- ETP
- ▨ ALMACENAMIENTO
- × DEFICIT

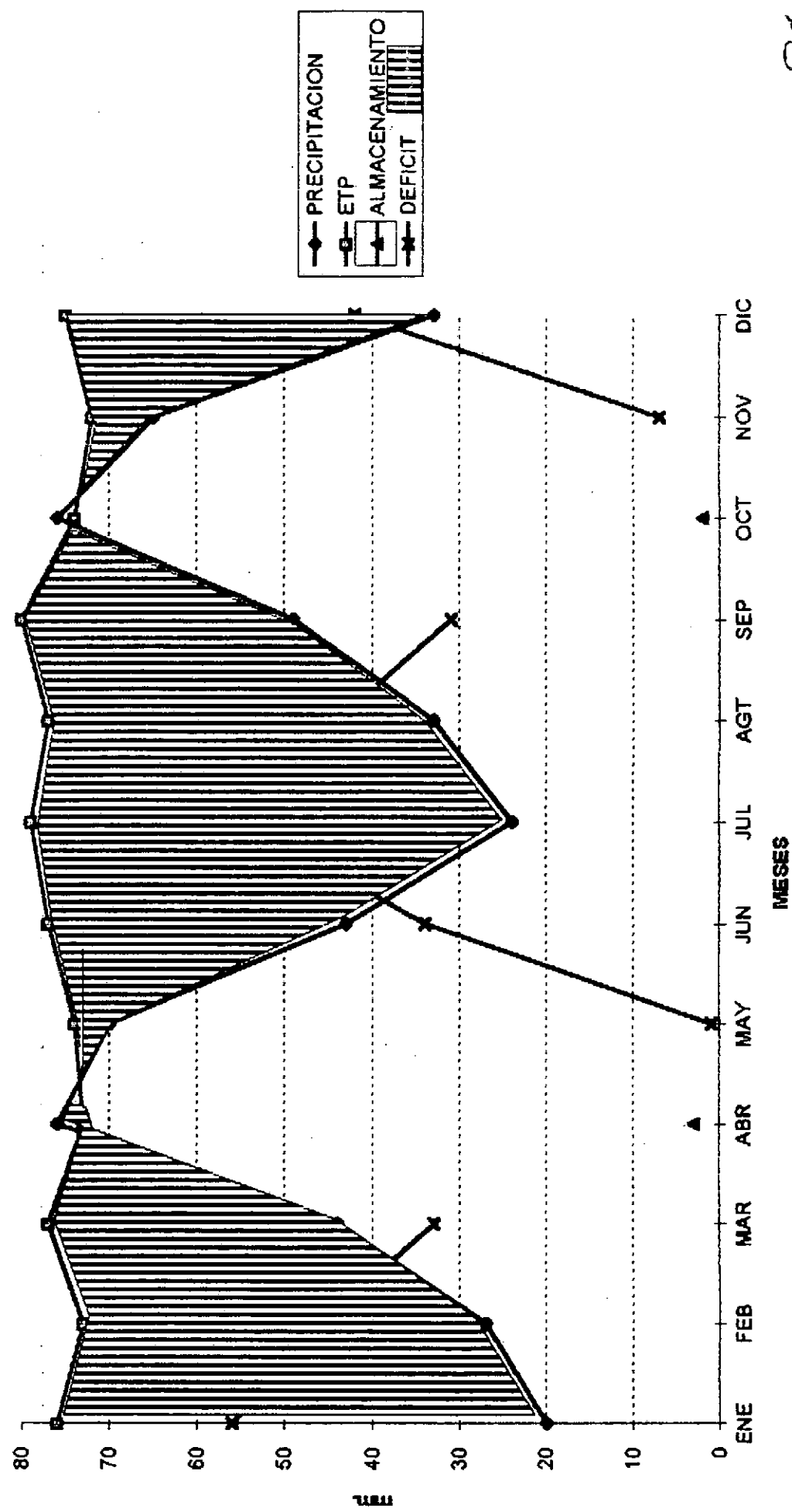
CÓDIGO N° 80-BH-1F BALANCE HÍDRICO CLIMÁTICO - VALORES MULTIMENSALES 1993-(mm).

ESTACION REF. DEL MORA

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACION	20	27	44	76	70	43	24	33	49	76	65	33	560
ETP	76	73	77	73	74	77	79	77	80	74	72	75	307
ALMACENAMIENTO				3						2			5
DEFICIT	56	46	33		1	34	55	44	31		7	42	349
EXCESO													0
INDICE DE ARIDEZ	0.9	1.17	1.91	3.3	3.04	1.89	1.04	1.43	2.13	3.3	2.82	1.43	24.36
P. HUMEDO													2
P. INTERMEDIO													2
P. SECO													8

DOS MESES EXCESIVAMENTE HÚMEDOS (ABR., OCT). CON UN POBRE ALMACENAMIENTO.
 DOS MESES INTERMEDIOS (MAY, NOV) CON ALGO DE DEFICIT. CON TENDENCIA A SECO.
 DOS PERIODOS EXTREMOS Y MEDIANAMENTE PAREJOS (DIC A MAR) (JUN A SEP) COMO SECOS

GRAFICA No. BH-1F BALANCE HIDRICO CLIMATICO ESTACION REPRESA DEL MUÑA



CUADRO No. EH-1G BALANCE HIDRICO CLIMATICO - VALORES MULTIANUALES A 1993 (mm.)

ESTACION DOÑA JUANA

PARAMETRO	ENE.	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACION	20	27	64	62	83	45	53	50	37	45	56	38	580
ETP	73	66	72	73	72	72	70	78	80	82	64	68	870
ALMACENAMIENTO					11								11
DEFICIT	53	39	8	11		16	17	28	43	37	8	30	290
EXCESO													0
INDICE DE ARIDEZ	0.9	1.22	2.9	2.18	3.77	2.04	2.4	2.27	1.68	2.04	2.54	1.73	25.67
P. HUMEDO													1
P. INTERMEDIO													7
P. SECO													4

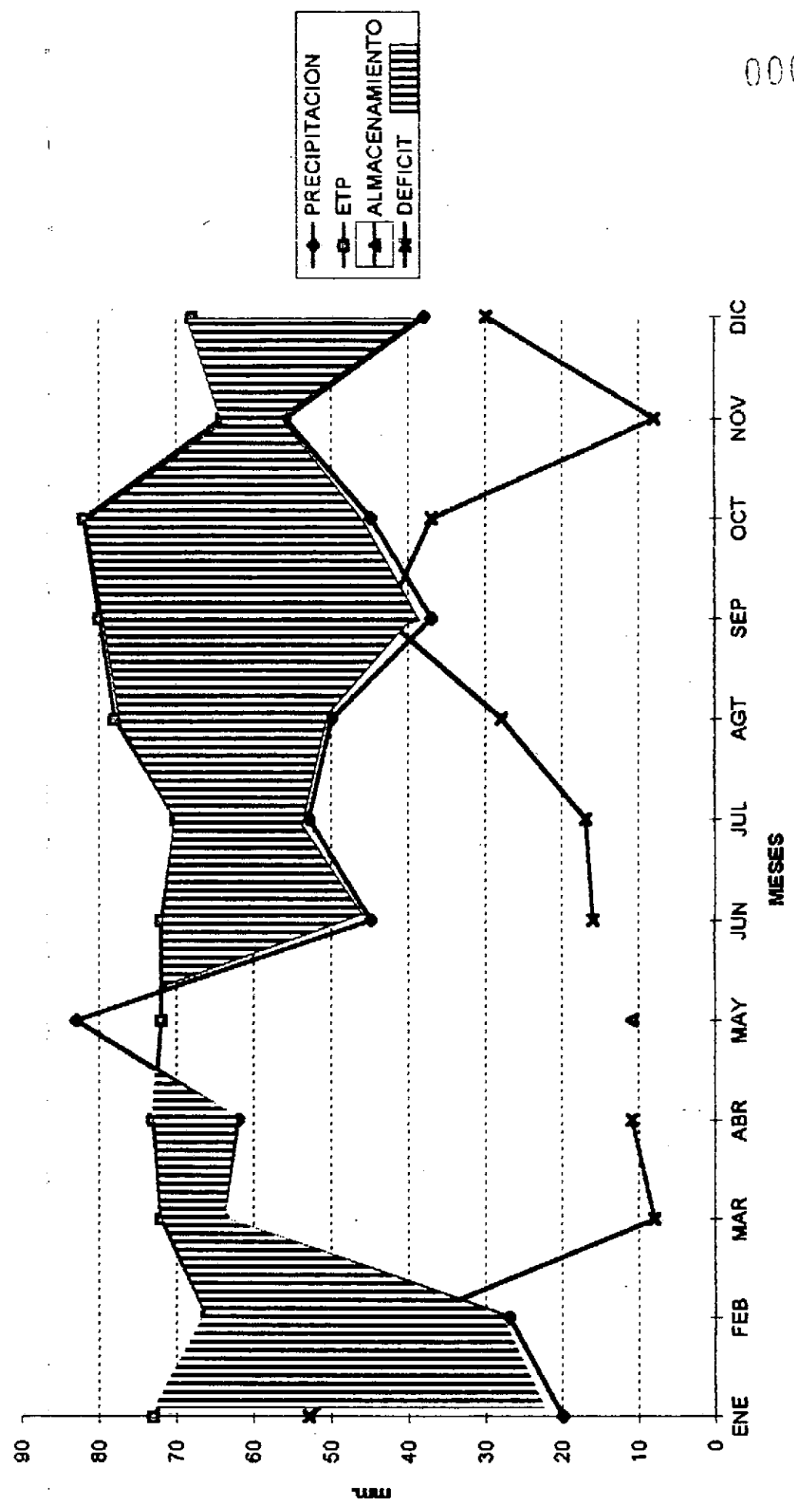
UN MES CON CARACTERISTICA DE HUMEDO NO ESTABLECIDO (MAY).

EL PERIODO INTERMEDIO ESTA MAS HACIA EL SECO (SEP, OCT, DIC).

DEL PERIODO INTERMEDIO (MAR, ABR) Y (JUL, AGT, NOV) CON TENDENCIA A HUMEDO

SECOS (ENE, FEB)

GRAFICA No. BH-IG BALANCE HIDRICO CLIMATICO ESTACION DOÑA JUANA



CUADRO No. EE-1B BALANCE HIDRICO CLIMATICO - VALORES MULTIANUALES a 1993 (na.)

ESTACION EL DORADO

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACION	27	40	69	109	89	50	39	45	69	104	98	52	791
ETP	82	77	76	76	72	71	75	75	76	72	72	76	900
ALMACENAMIENTO				33	38	36	2			32	38	14	195
DEFICIT	41	37	7					28	7				120
EXCESO					12	50					20		82
INDICE DE ARIDEZ	1.17	1.74	4.92	4.54	3.7	2.08	1.6	1.95	3	4.52	4.26	2.26	35.74
P. HUMEDO													4
P. INTERMEDIO													7
P. SECO													1

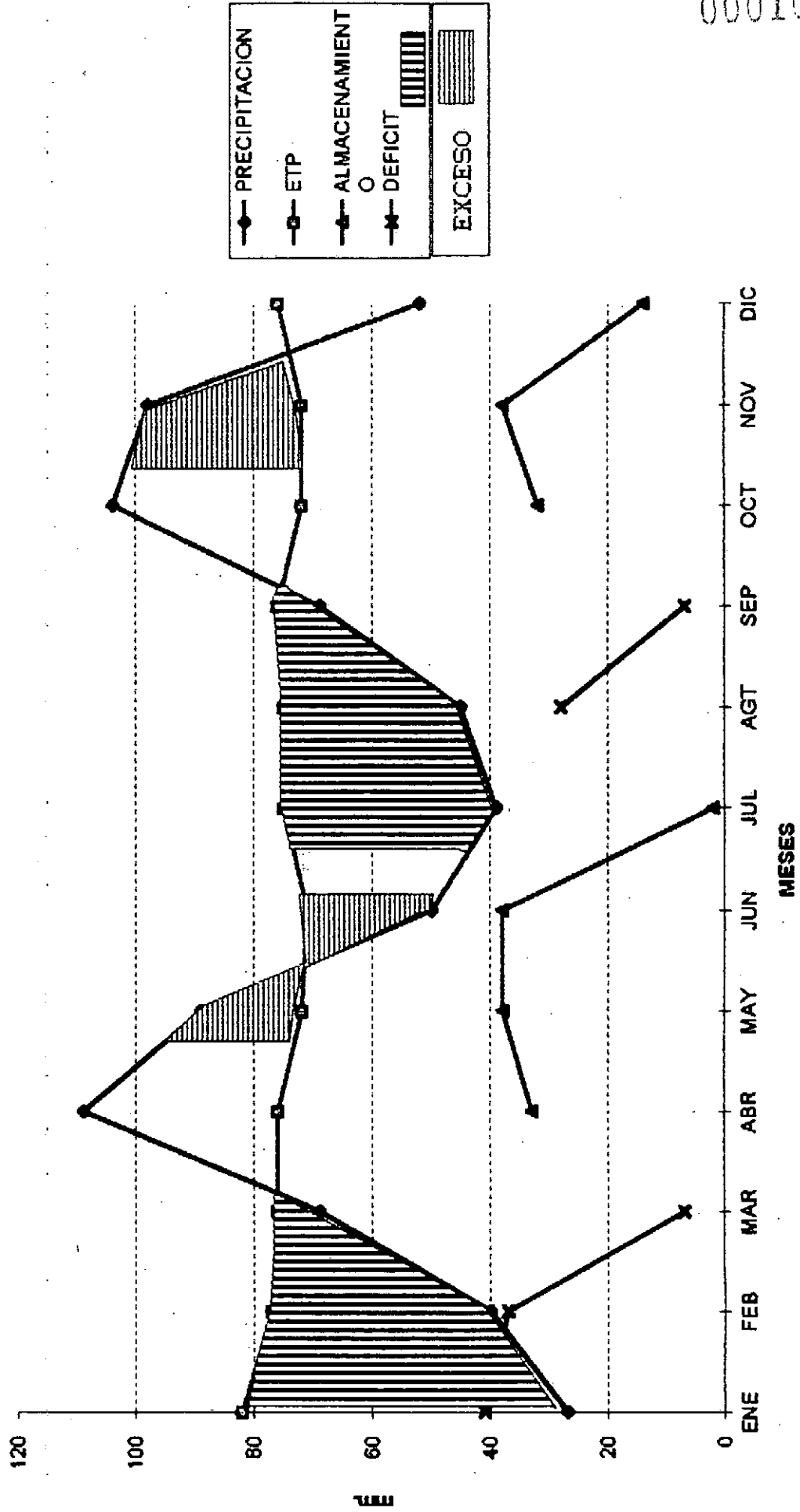
DOS PERIODOS HUMEDOS (ABR, MAY) Y UN FOCO MAS ACENTUADO (OCT, NOV).

INTERMEDIOS CON TENDENCIA A HUMEDO "CON ALMACENAMIENTO" - (JUL, JUR, DIC).

INTERMEDIOS CON TENDENCIA A SECO (FEB, MAR, AGT, SEP).

EL MES MAS SECO (ENE).

GRAFICA No. BH-1H BALANCE HIDRICO CLIMATICO ESTACION EL DORADO



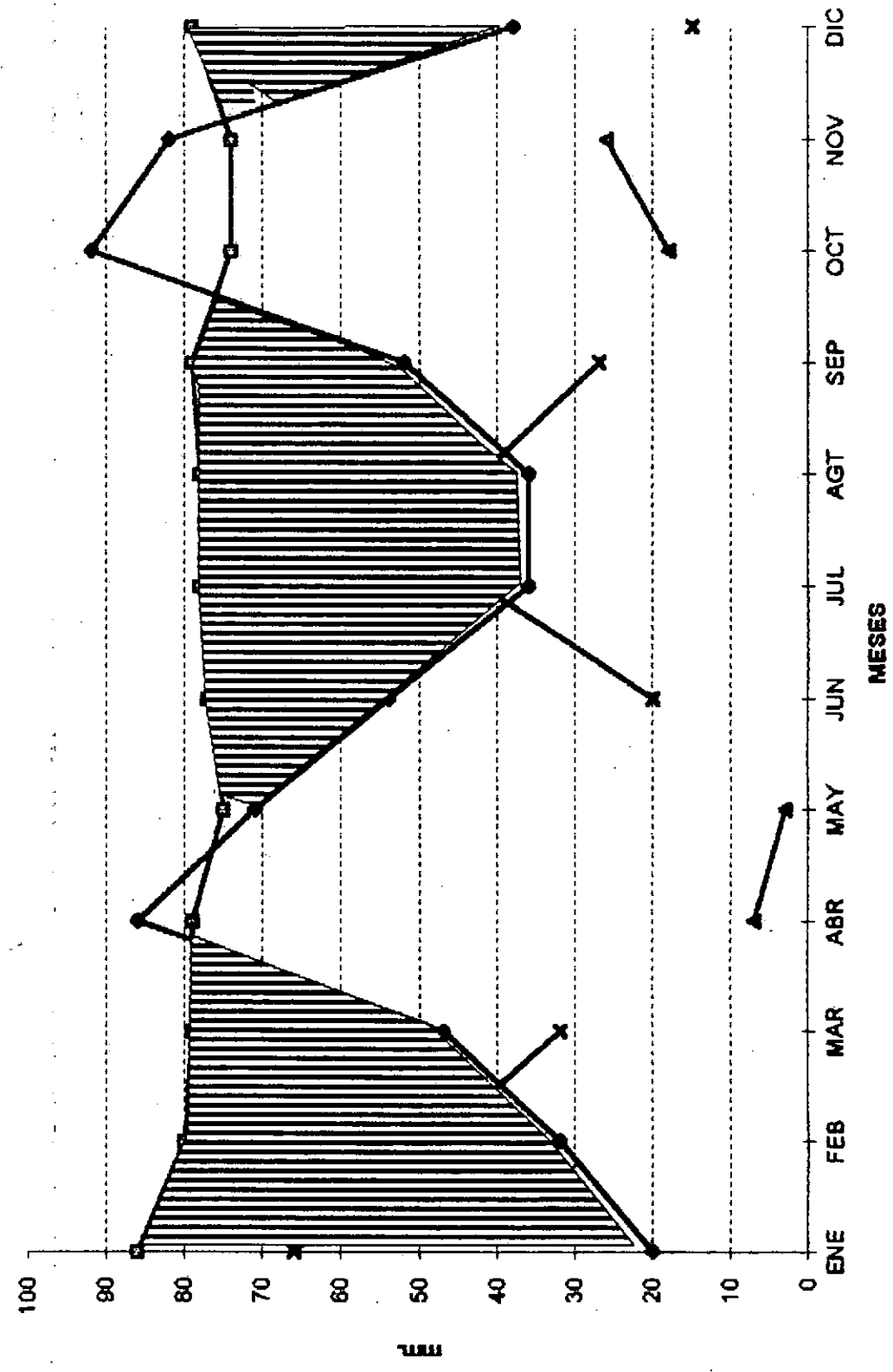
CUADRO No. BB-11 BALANCE HIDRICO CLIMATICO - VALORES MENSUALES A 1993 (mm.)

ESTACION TIBAITATA

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACION	20	32	47	86	71	54	36	36	52	92	82	38	646
ETP	86	80	79	79	75	77	78	78	79	74	74	79	938
ALMACENAMIENTO				7	3					18	26		54
DEFICIT	66	48	32			20	42	42	27			15	392
EXCESO													0
INDICE DE ARIDEZ	0.86	1.39	2.04	3.58	2.96	2.35	1.56	1.56	2.26	4	3.56	1.65	27.77
P. HUMEDO													3
P. INTERMEDIO													4
P. SECO													5

DOS PERIODOS EXCESAMENTE HUMEDOS (ABR Y OCT, NOV) CON EL 81% DEL ALMACENAMIENTO ANUAL.
 MESES CON TENDENCIA INTERMEDIO-EXCESAMENTE HUMEDO (MAR, MAY, JUN, SEP, DIC)
 MES INTERMEDIO CONSIDERABLE SECO (AGT).
 EL MES MAS SECO (ENE).

GRAFICA No. BH-11 BALANCE HIDRICO CLIMATICO ESTACION TIBAITATA



- PRECIPITACION
- ETP
- ▨ ALMACENAMIENTO
- ▨ DEFICIT

CA- CUADRO No. BH-2A RESUMEN CLIMATICO POR ESTACIONES EL LA ZONA ALTA DEL RIO BOGOTA
 COENCA
 FRECUENCIA MESES HUMEDOS

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRIMAVERA				*	*					*	*		4
GUAYMARAL				*	*				*	*	*		5
J. BOTANICO				*	*				*	*	*	*	5
TISQUESUSA				*	*				*	*	*		4
LA RAMADA				*	*				*	*	*		4
REP. DEL MUZA				*	*				*	*	*		2
DO?A JUANA				*	*				*	*	*		2
EL DORADO				*	*				*	*	*		3
TIBAITATA				*	*				*	*	*		3
EL FUTE				1					*	*	*		2
FRECUENCIA	0	0	0	9	7	0	0	0	1	9	7	1	33
(%)MUESTRA				27.27	21.21				3.03	27.27	21.21	3.03	

LOS MESES MAS HUMEDOS SON ABRIL Y OCTUBRE (27.3 %)
 SEGUIDOS DE NOVIEMBRE (21.2%) Y MAYO CON UN (18%)

CUADRO No. 5H-2B RESUMEN CLIMATICO POR ESTACIONES EL LA ^{Sierra} ZONA ALTA DEL RIO BOGOTA
 FRECUENCIA MESES INTERMEDIOS CON TENDENCIA HUMEDA

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRIMAVERA					*	*	*	*				*	4
GUAYMARAL					*	*	*						2
J. BOTANICO					*	*	*						3
TISQUESUSA													0
LA RAMADA													0
REP. DEL MU?A													0
DO?A JUANA						*	*	*			*		3
EL DORADO					*	*	*				*		3
TIBAITATA			*		*	*	*	*	*		*	*	5
EL FUTE						*	*	*	*		*	*	4
FRECUENCIA	0	0	1	0	1	5	6	3	2	0	2	4	24
(%) MUESTRA	0	0	4.167	0	4.167	20.83	25	12.5	8.333	0	8.333	16.67	

EL MES QUE ACONP?A AL PERIODO HUMEDO CON MAS FRECUENCIA ES JULIO (25%) Y JUNIO (20.5).
 DICIEMBRE Y AGOSTO PRESENTAN UN CORPOTAMIENTO MEDIO RESPECTO A ESTOS.

000105

3

CA- CUAND
 CUADRO No. BH-2C RESUMEN CLIMATICO POR ESTACIONES EL LA ZONA ALTA DEL RIO BOGOTA
 FRECUENCIA MESES CON CARACTERISTICA INTERMEDIA TENDIENTE A SECO

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRIMAVERA	*	*	*					*					3
GUAYMARAL	*	*	*					*				*	5
J. BOTANICO	*												1
TISQUESUSA		*	*		*			*				*	5
LA RAMADA		*	*		*			*				*	4
REP. DEL MU?A				*							*		2
DO?A JUANA									*		*	*	2
EL DORADO	*	*	*	*				*					4
TIBAITATA	*							*					2
EL FUTE			*	*	*								3
FRECUENCIA	0	5	6	1	2	2	1	5	4	1	1	3	31
(%)MUESTRA	0	16.13	19.35	3.226	6.452	6.452	3.226	16.13	12.9	3.226	3.226	9.677	
100 MESES CON CARACTERISTICA INTERMEDIA QUE TIENDEN A SER SECO: MAR [18.4] Y FEB, AGT CON [16.1%].													
FEB, AGT [16.1 %].													
100 MESES CON CARACTERISTICA INTERMEDIA MEDIANAMENTE SECO: A DER SECO: DON: DEPT [13.8%].													
Y DIC [8.8%].													

20

CA- CUADRO No. BH-2D RESUMEN CLIMATICO POR ESTACIONES EL LA ZONA-ALTA DEL RIO BOGOTA
 MESES CON CARACTERISTICA SECA

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRIMAVERA	*												1
GUAYMARAL	*												1
J. BOTANICO	*												1
TISQUESUSA	*	*											2
LA RAMADA	*	*											2
REP. DEL MU?A	*	*	*				*	*	*			*	8
DO?A JUANA	*	*											2
EL DORADO	*												1
TIBAITATA	*												1
EL FUTE	*	*					*	*	*				4
FRECUENCIA	10	5	1	0	0	1	2	2	1	0	0	1	23
(%)MUESTRA	43.48	21.74	4.348	0	0	4.348	8.696	8.696	4.348	0	0	4.348	

EL MES MAS SECO ENERO (43.5%), SEGUIDO DE FEBRERO CON (21.7%).

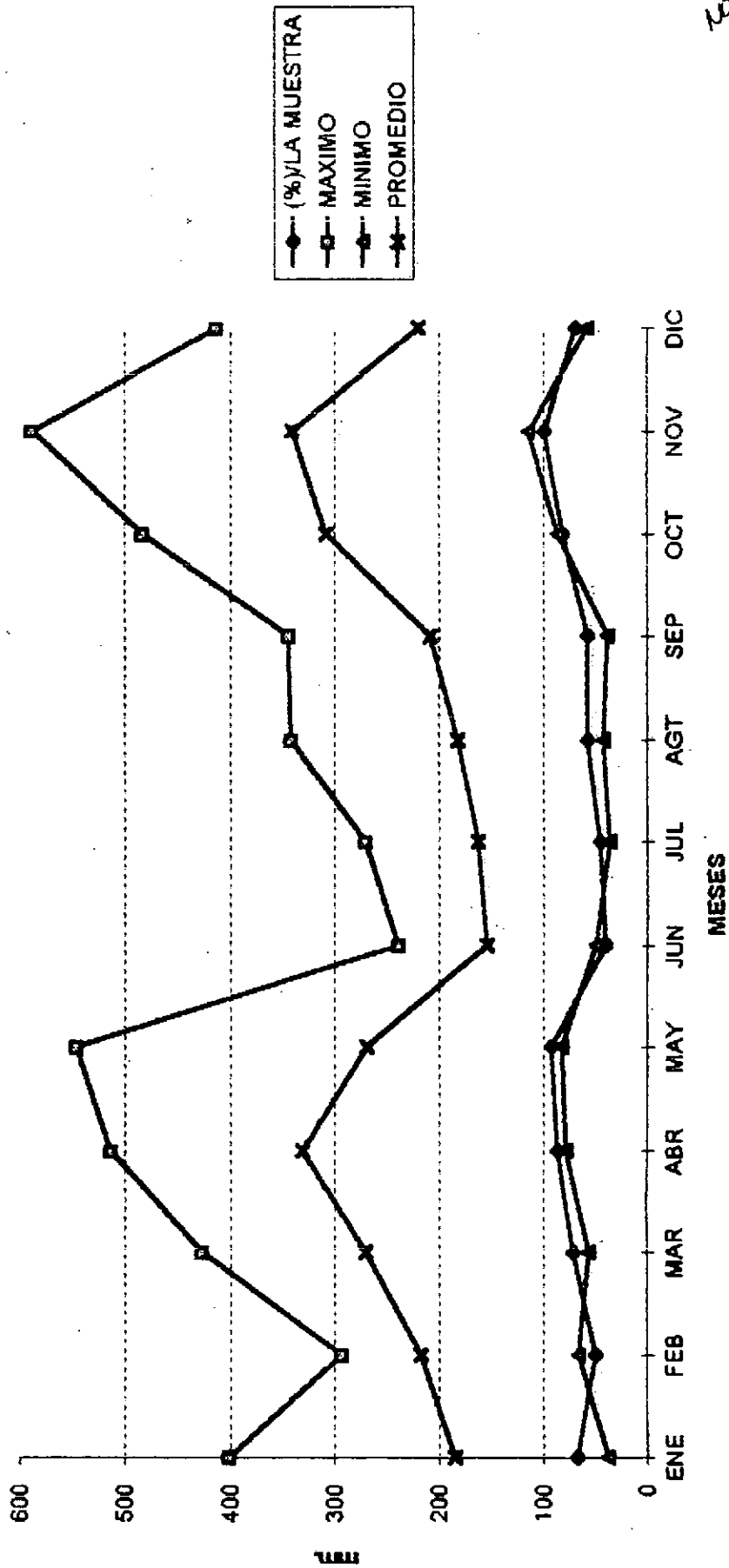
CON ALGUNA POSIBILIDAD JULIO Y AGOSTO (8.7 %).

Frecuencia

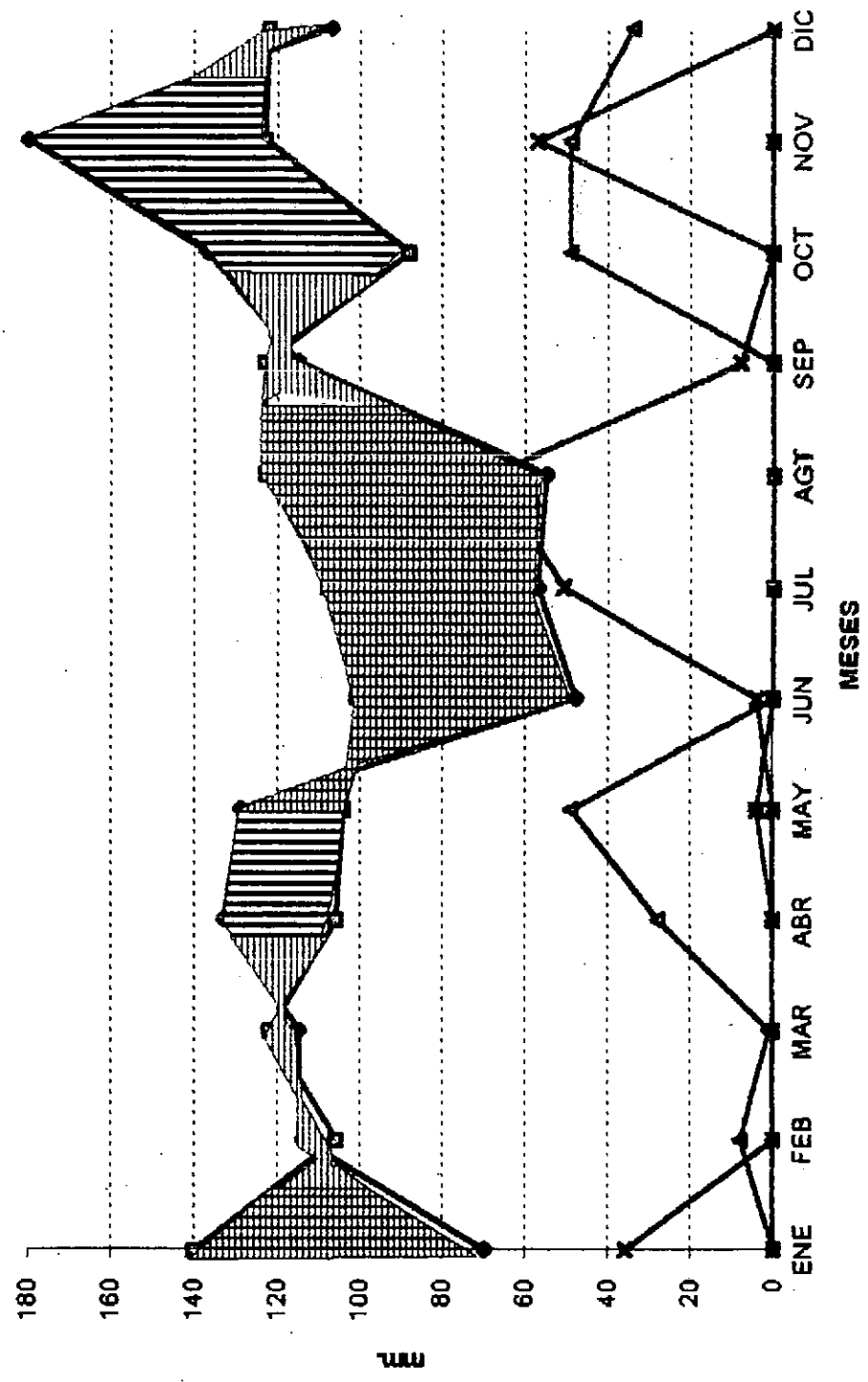
CUADRO No. 03- P-24 PRECIPITACION MAXIMA MENSUAL MULTIANUAL CUENCA BAJA RIO BOGOTA

#	ESTACION	COTA	PRECIPITACION MENSUAL												ANUAL	
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC		
1	RAD. JAVA	1640	60	67	57	79	83	50	37	43	39	87	115	59	115	
2	TIRACUY	1550	191	208	288	282	246	136	175	123	146	310	332	315	332	
3	LAS MISIONES	1540	213	217	273	494	226	132	154	114	212	301	417	265	494	
4	HORIZONTE	1380	38	266	161	270	94	60	67	78	122	210	166	156	270	
5	LA MESA	1300	189	294	257	150	214	178	72	273	160	280	378	190	378	
6	MESTIZAS DE STA INE	1250	213	213	285	458	252	198	215	204	232	477	417	287	477	
7	ATALA	1160	402	288	427	409	353	240	236	213	238	484	530	277	530	
8	LA PALMA	1100	342	242	357	408	365	178	271	155	204	394	414	414	488	
9	LAS MERCEDES	810	170	191	244	369	240	108	196	246	200	279	322	212	369	
10	SANPER N	550	105	255	265	207	194	147	251	166	186	329	334	196	334	
11	MILD	490	226	283	334	514	547	226	146	215	345	280	589	199	589	
12	LA VICTORIA	380	91	115	194	168	192	125	98	222	174	206	308	118	308	
13	CARMEN DE APICALA	328	202	279	303	398	428	211	165	189	312	360	519	350	519	
14	JEKUSIEN	300	137	139	232.6	314	208	105	206	186	235	222	163	152	314	
15	APTO SANTIAGO VILA	286	205	233	361	329	332	199	156	151	289	322	217	217	361	
16	HARTRO	263	186	200	301	375	349	182	166	342	263	393	242	129	393	
RESUMEN			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	
(X)/LA MUESTRA			100	68,2513	49,9151	72,4958	87,2666	92,8693	40,747	46,0102	58,0645	58,5739	82,1732	100	70,2886	100
MAY			402	294	427	514	547	240	271	342	345	484	589	414	589	
MINIMO			37	38	57	79	83	50	37	43	39	67	115	59	115	
PROMEDIO			238	186	218	271	270	155	163	183	210	308	342	221	392	

GRAFICA No. CB-P-2A RESUMEN PRECIPITACION MAXIMA CUENCA BAJA RIO BOGOTA

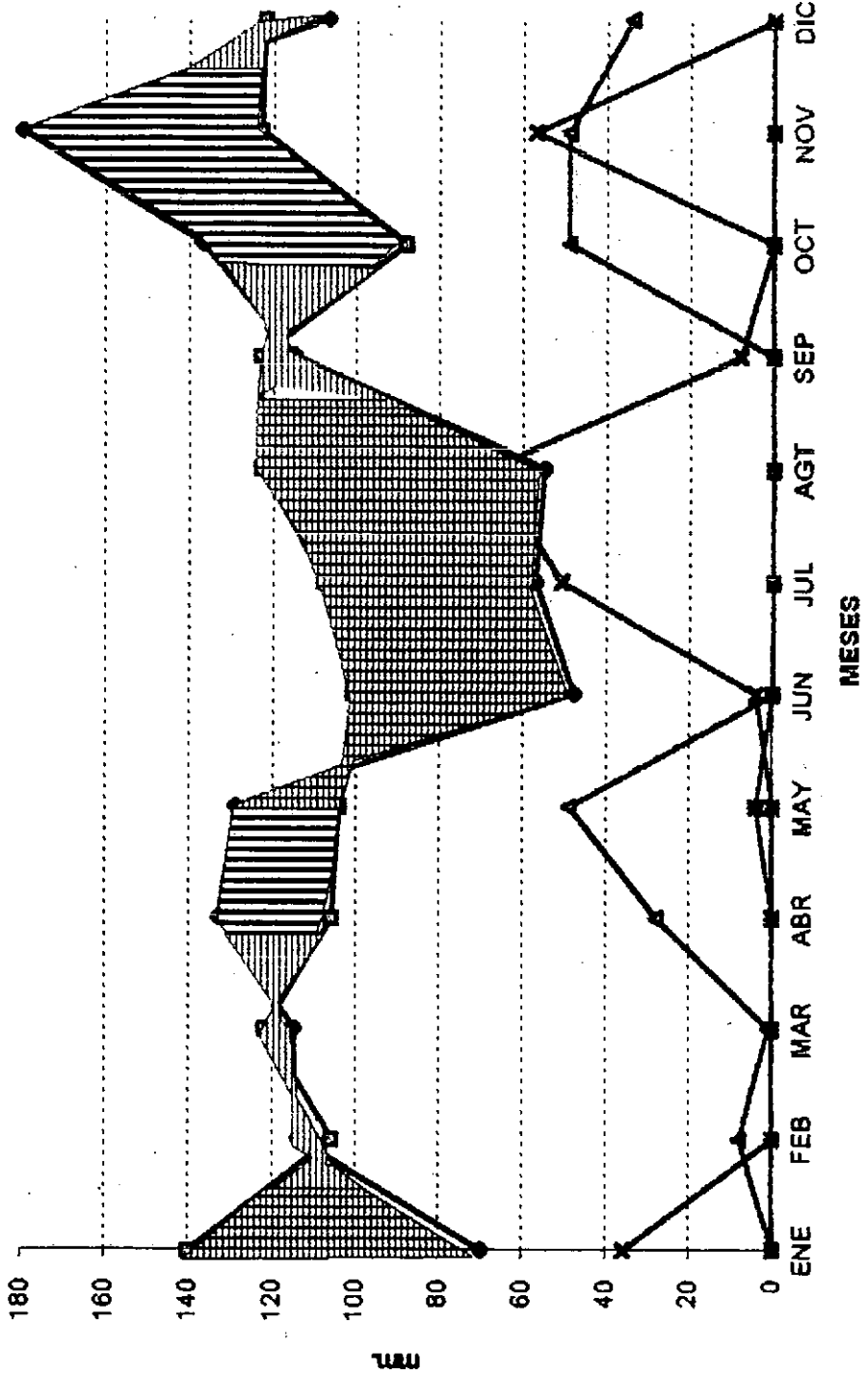


GRAFICA No. CB-BH-1D BALANCE HIDRICO CLIMATICO MENSUAL MULTIANUAL
ESTACION SAMPER MADRID



- PRECIPITACION
- ETP
- ▨ ALMACENAMIENTO
- ▩ DEFICIT
- ▧ EXCESO

GRAFICA No. CB-BH-1D BALANCE HIDRICO CLIMATICO MENSUAL MULTIANUAL ESTACION SAMPER MADRID



- PRECIPITACION
- ETP
- ▨ ALMACENAMIENTO
- ▧ DEFICIT
- ▩ EXCESO

CUADRO No. CB-EH-16 BALANCE HIDRICO CLIMATICO - VALORES MULTIANUALES A 1993 (mm.)
 COJUNTO CU... F. .16 C.C. 70 mm.
 ESTACION AEROPUERTO SANTIAGO VILA

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACION	61	68	101	164	158	66	36	44	107	165	123	62	1156
EVAPORACION	202	161	156	160	130	125	194	194	165	176	155	142	1960
ETP	308	307	304	294	286	296	305	308	316	311	290	296	3621
ALMACENAMIENTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DEFICIT	247	238	203	130	128	230	269	264	209	146	167	234	2465
EXCESO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P. HUMEDO													9
P. INTERMEDIO													3
P. SECO													

LA ETP CALCULADA INDICA QUE EL CLIMA ES SECO A LO LARGO DEL AÑO SOBRE UNA COBERTURA DE PASTOS.
 LOS MESES MENOS SECOS SON ABRIL Y MAYO. SEGUIDOS DE OCTUBRE Y NOVIEMBRE
 LOS MAS SECOS ENERO, FEBRERO Y DICIEMBRE.

CUADRO No. BH-1C BALANCE HIDRICO CLIMATICO - VALORES MULTIANUALES A 1993 (mm)

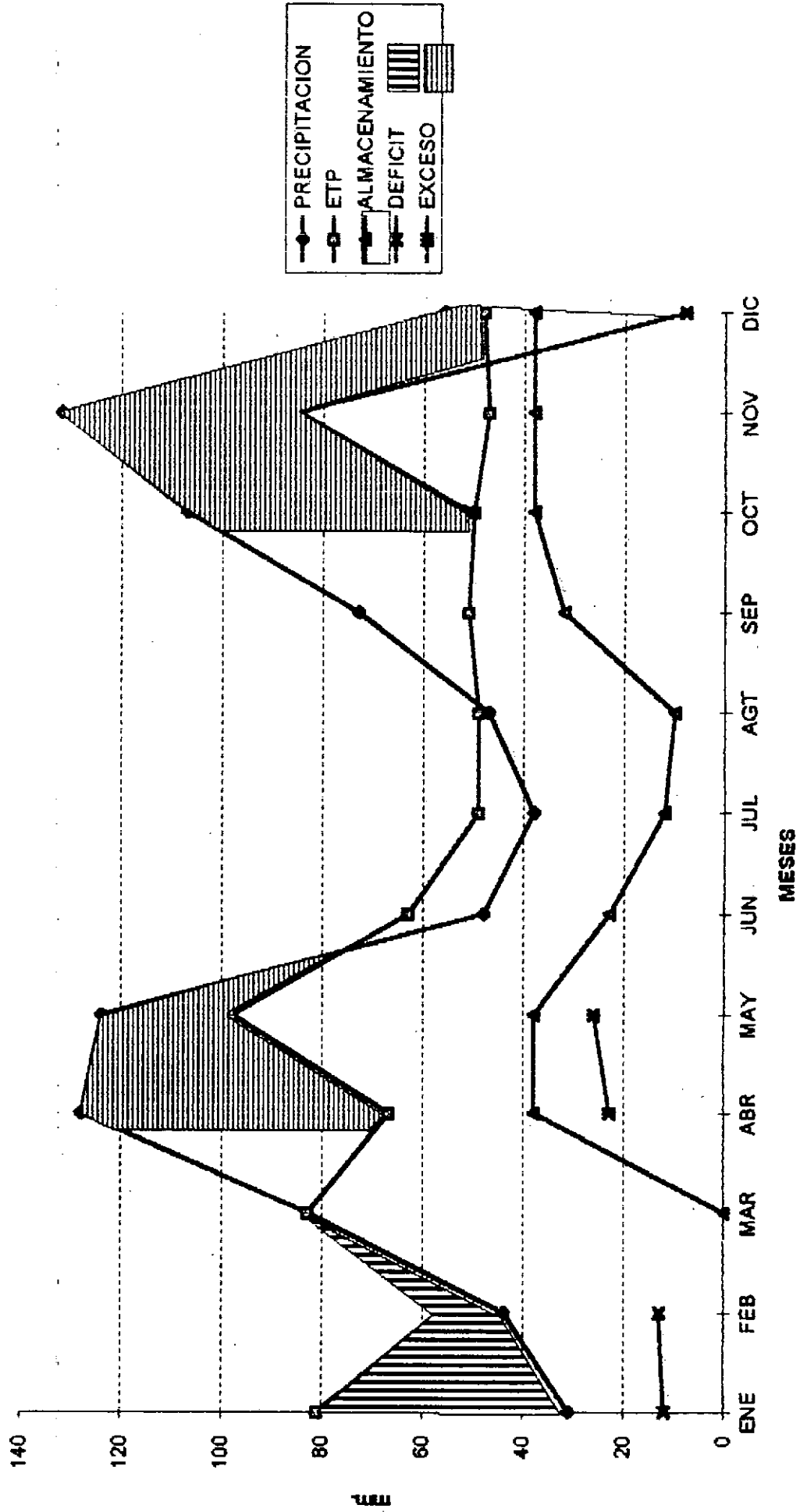
ESTACION JARDIN BOTANICO

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACION	31	44	83	128	124	48	38	47	73	107	132	56	911
ETP	81	57	83	57	98	63	49	49	51	50	47	48	743
ALMACENAMIENTO			0	38	38	23	12	10	32	38	38	38	267
DEFICIT	12	13											25
EXCESO					26					51	85	8	193
INDICE DE ARIDEZ	1.29	1.83	3.45	5.3	5.16	2	1.58	1.95	3.04	4.45	5.5	2.33	37.88
P. HURIDO													6
P. INTERMEDIO													5
P. SECO													1

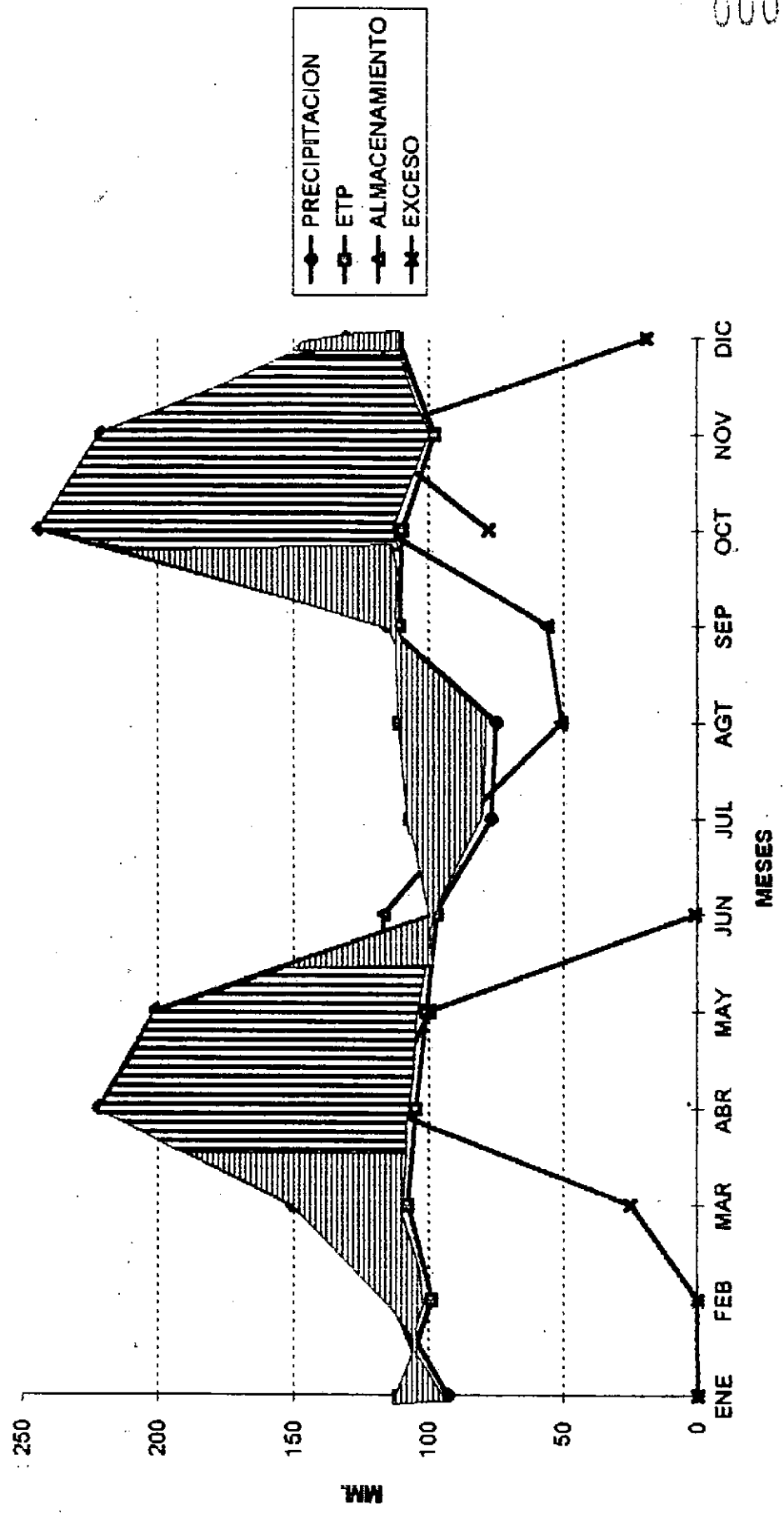
LOS PERIODOS HUMEDOS (ABR. MAY) Y (OCT Y NOV) CON DOS MESES MENOS HOMRDOS (SEP Y DIC)
 UN MES INTERMEDIO SIN ALMACENAMIENTO (FEB) Y UN PERIODO (JUN. JUL. AGT) CON ALMACENAMIENTO.
 COMO MES MAS SECO (ENE)

Gráfico04

GRAFICA No. BH-1C BALANCE HIDRICO CLIMATICO ESTACION JARDIN BOTANICO



GRAFICA No. CB-BH-1C BALANCE HIDRICO CLIMATICO MENSUAL MULTIANUAL
ESTACION LAS GRANJAS

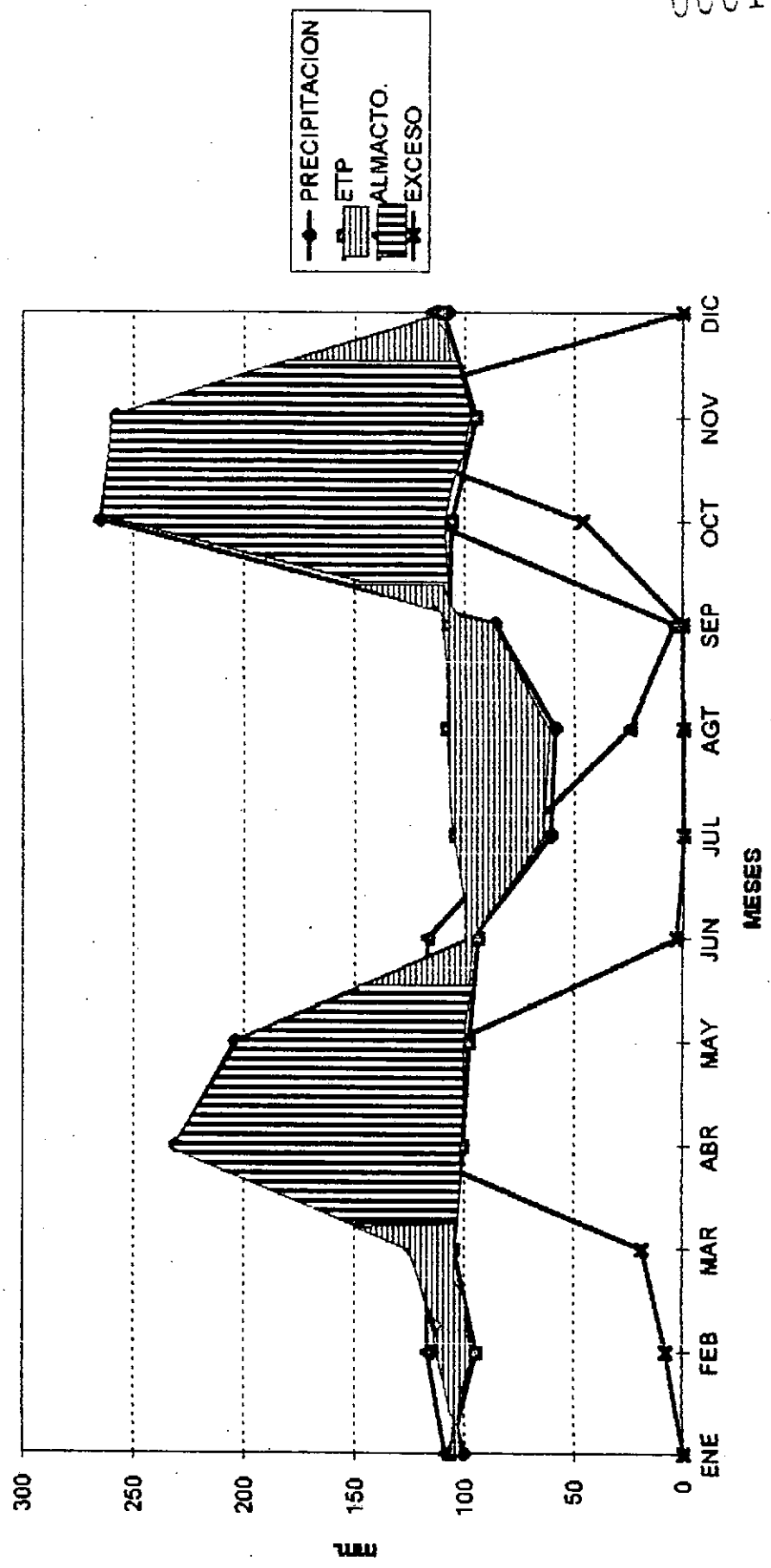


CUADRO No. CB-BH-10 BALANCE HIDRICO CLIMATICO - VALORES MULTIANUALES A 1993 (mm.)
 COJUNTO CU - PE: 49 c.s. FAR - 49 mm.
 ESTACION SANPER MADRID

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACION	70	114	115	133	129	48	57	55	115	132	180	107	1260
ETP	140	106	122	106	104	101	108	123	123	88	123	122	1366
ACUMAGRAMIENTO		8	1	28	49	0	0	0	0	49	57	34	218
DEFICIT	36	0	0	0	0	4	51	68	8	0	0	0	224
EXCESO	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4
P. HONEDO													
P. INTERMEDIO													
P. SECO													

PERIODOS HUMEDOS CON MUY POCOS EXCESOS : ABRIL Y MAYO, Y OCTUBRE Y NOVIEMBRE.
 HUMEDO INTERMEDIO EL MES DE FEBRERO, SALIENDO DE UN MES SECO COMO ENERO.
 HUMEDOS INTERMEDIOS CON CARACTERISTICA A HUMEDO : MARZO, JULIO, SEPTIEMBRE.
 MESES SECOS : ENERO, JUNIO Y AGOSTO COMO EL MES MAS SECO.

GRAFICA No. CB-BH-1B BALANCE HIDRICO CLIMATICO ESTACION HAC. JAVA

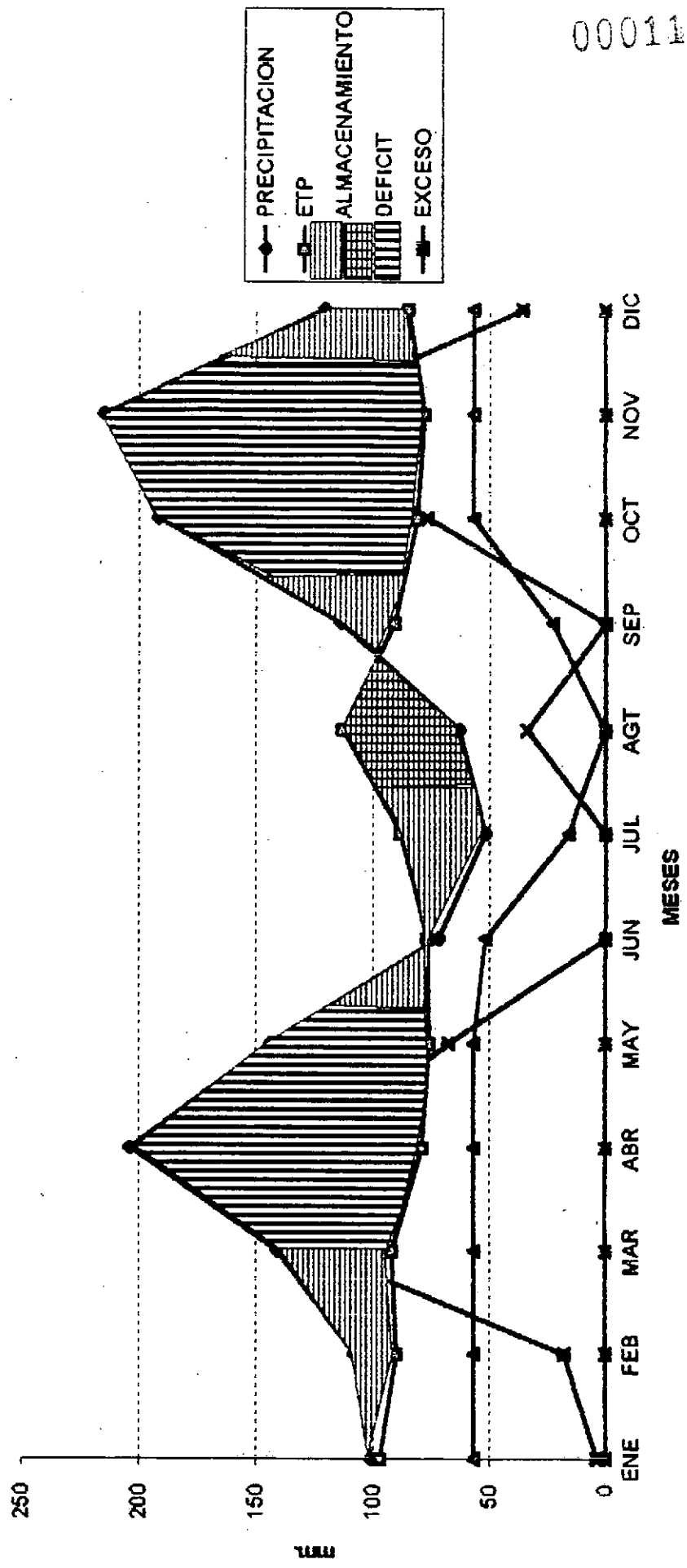


CUADRO No. CB-BH-1C BALANCE HIDRICO CLIMATICO - VALORES MULTIMENSALES A 1993 (mil.)
 COLUMBO SI. CA-40 . F. - 117mm.
 ESTACION LAS GRANJAS

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACION	93	114	151	222	201	98	77	75	116	244	221	131	1743
ETP	111	99	108	105	101	97	107	111	111	110	98	112	1270
ALMACENAMIENTO	99	114	117	117	117	117	87	51	56	117	117	117	1226
DEFICIT													0
EXCESO	0	0	25	117	100	1				78	123	19	463
P. HUMEDO													7
P. INTERMEDIO													7
P. SECO													5

PERIODOS MAY HUMEDOS DE MARZO A MAYO Y DE OCTUBRE A MEDIADOS DE DICIEMBRE
 EL RESTO DE MESES CON UN BUEN ALMACENAMIENTO SIENDO EL MAS "SECO" AGOSTO SEPTIEMBRE.

GRAFICA No. CB-BH-1A BALANCE HIDRICO MENSUAL ESTACION LAS MISIONES

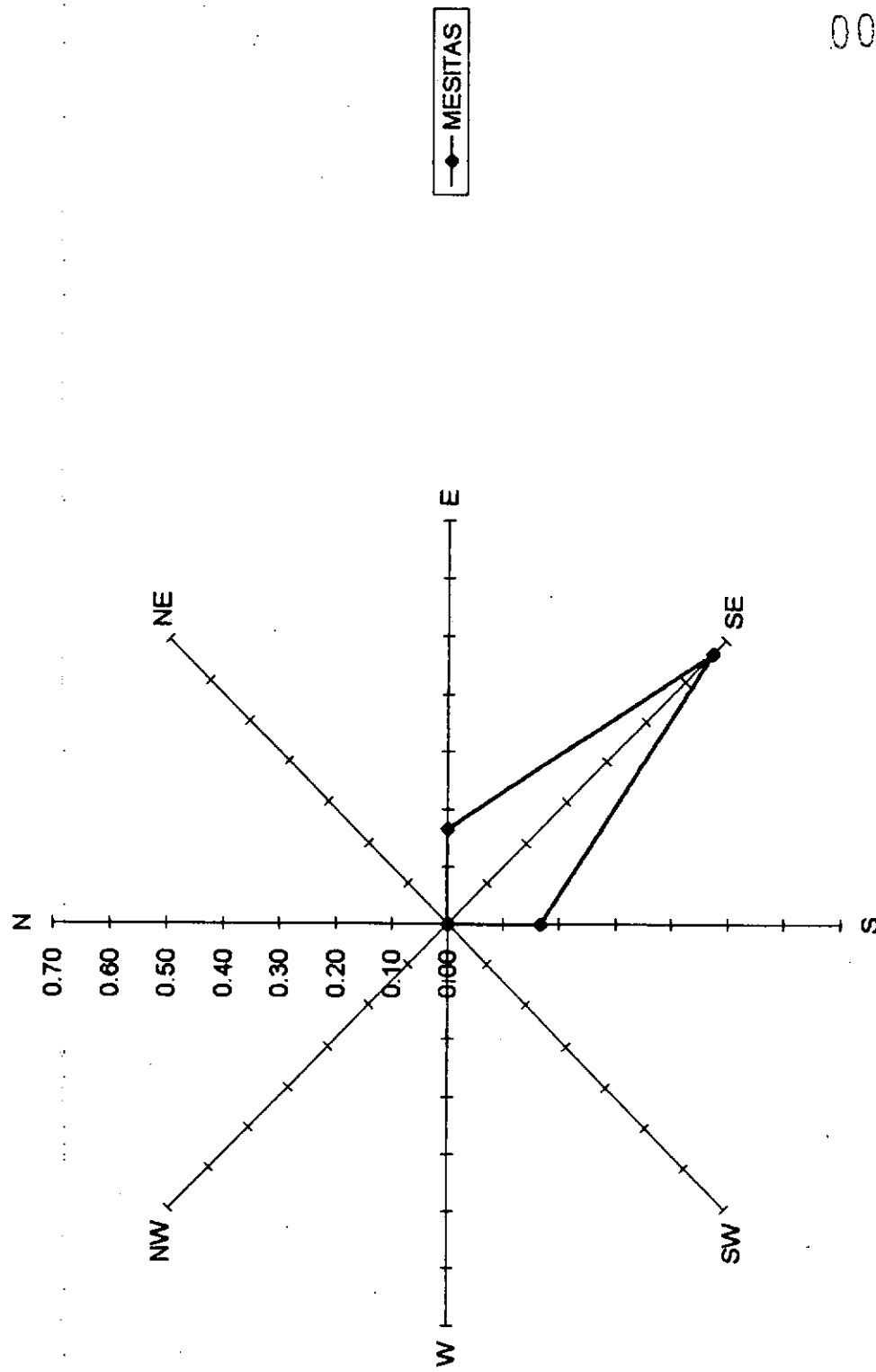


CUADRO No. CB-EH-1B BALANCE HIDRICO CLIMATICO - VALORES MULTIANUALES A 1993 (mm.)
 COJUNTO S1. CA-69. FA. - 117 mm.
 ESTACION HAD. JAVA

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACION	101	111	124	231	204	97	61	59	86	265	258	108	1705
ETP	107	95	105	101	98	94	104	108	107	106	95	110	1230
ALMACENAMIENTO	109	117	112	117	112	117	74	25	4	117	117	115	1146
DEFICIT													0
EXCESO	0	8	19	130	106	3	0	0	0	46	170	0	482
P. HUMEDO		*****	*****	*****	*****	***				***	***		7
P. INTERMEDIO	***												
P. SECO								***	***				1

PERIODOS CON MUCHOS EXCESOS A MEDIADOS DE MARZO HASTA MAYO Y DE OCTUBRE A NOVIEMBRE.
 CON UN BUEN ALMACENAMIENTO DE MAYO A AGOSTO, DICIEMBRE DISMINUYENDO A ENERO.
 CON UN MENOR ALMACENAMIENTO (TOMANDESE COMO ALGO SECO) ENTRE AGOSTO Y PARTE DE SEPTIEMBRE

VIENTOS DIRECCION DOMINANTE ESTACION MESITAS



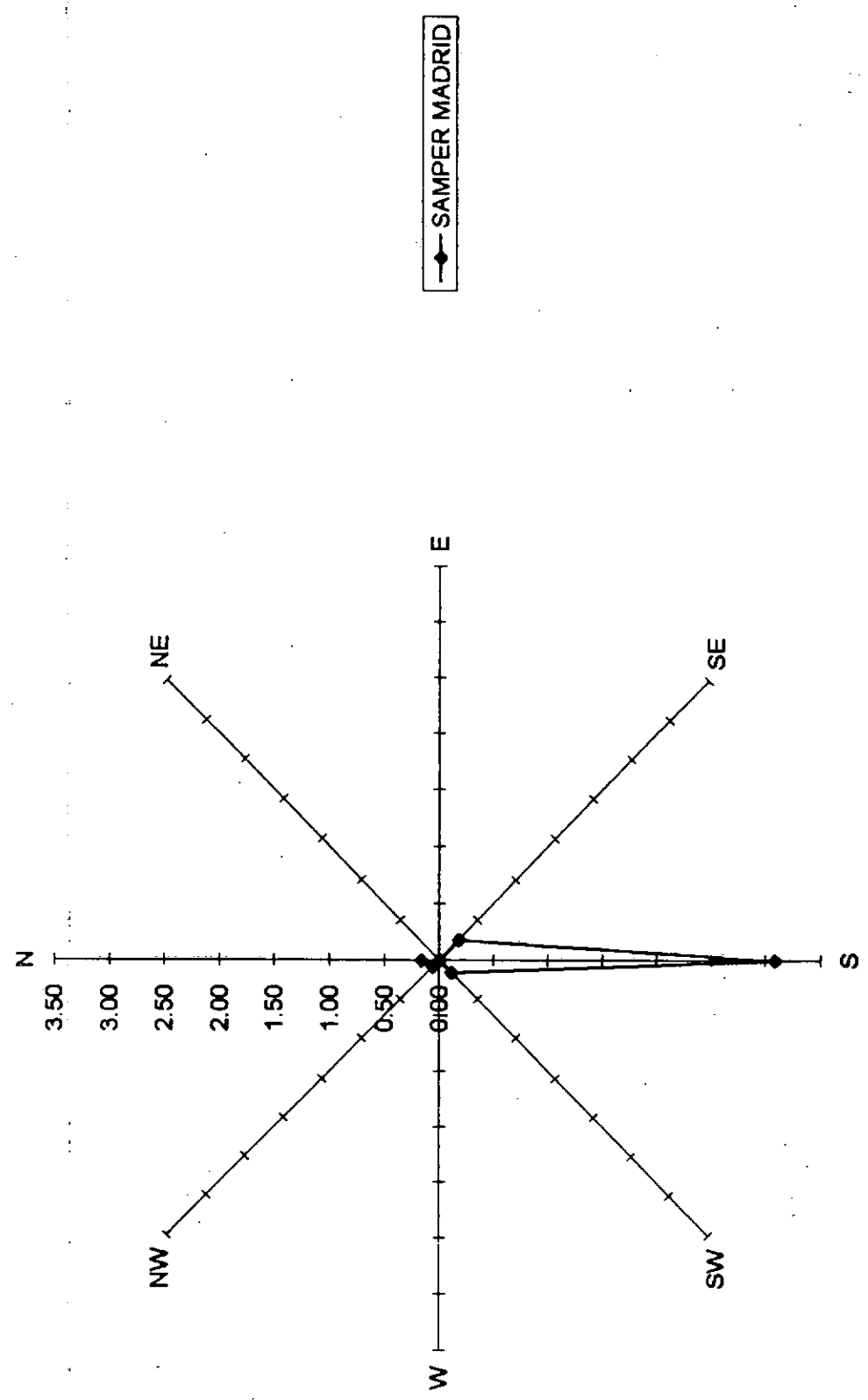
10
000113

CUADRO No. 09-III-1A BALANCE HIDRICO CLIMATICO - VALORES MONTANUALES A 1993 (mm.)
 COJUNTO 1A. CA-15 (D. 19) = 57 mm.
 ESTACION LAS MISIONES

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACION	101	108	141	204	144	72	52	63	114	192	215	121	1527
ETP	97	90	92	79	76	77	88	113	91	81	78	85	1047
ALMACENAMIENTO	57	57	57	57	57	52	16	0	23	57	57	57	547
DEFICIT	0	0	0	0	0	0	0	34	0	0	0	0	34
EXCESO	4	18	125	125	68	0	0	0	0	77	137	36	590
P. HUMEDO	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	9
P. INTERMEDIO	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	3
P. SECO	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	3

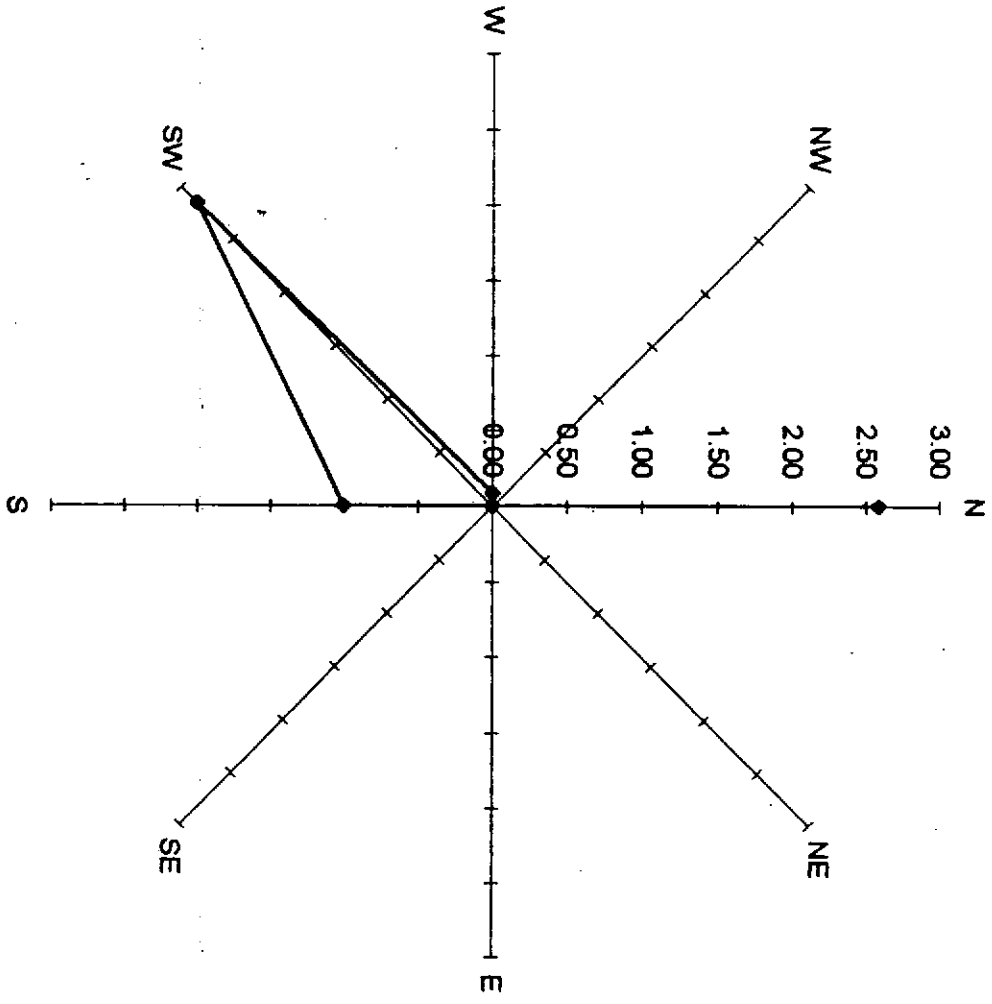
PRIMER PERIODO HUMEDO : PARA LOS PRIMEROS MESES ENE A FEB CON UN BUEN APORTE DE EXCESOS.
 SEGUNDO PERIODO HUMEDO: PARA LOS MESES OCTUBRE Y NOVIEMBRE DE MENOR INTENSIDAD.
 INTERMEDIOS PERO CON ALMACENAMIENTO TENDIENTE A HUMEDO DICIEMBRE.
 INTERMEDIO CON ALMACENAMIENTO TENDIENTE A SECO: JULIO Y SEPTIEMBRE
 PERIODO SECO O DE MENOR ABASTECIMIENTO ES AGOSTO

VIENTOS DIRECCION DOMINANTE ESTACION SAMPER MADRID



FRECUENCIA PRESENTADA EN LA ESTACION A NIVEL MULTIANUAL.

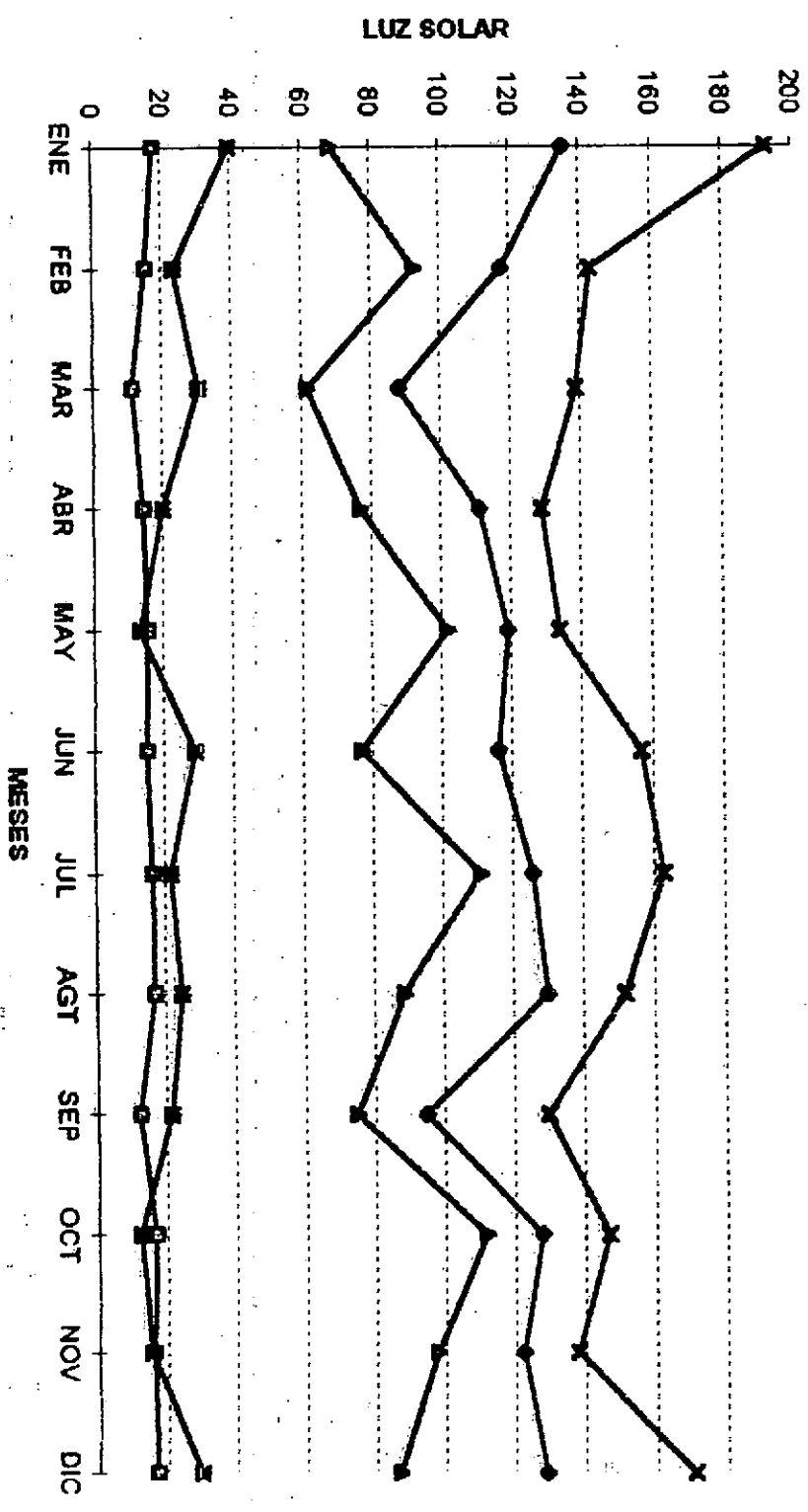
VIENTOS DIRECCION DOMINANTE ESTACION LA MESA



LA MESA

FRECUENCIA PRESENTADA EN LA ESTACION A NIVEL MENSUAL.

GRAFICA No. CB-BS-3A ² ^{COMUNAL} RESUEN HORAS MINIMAS BRILLO SOLAR CUENCA BAJA RIO BOGOTA

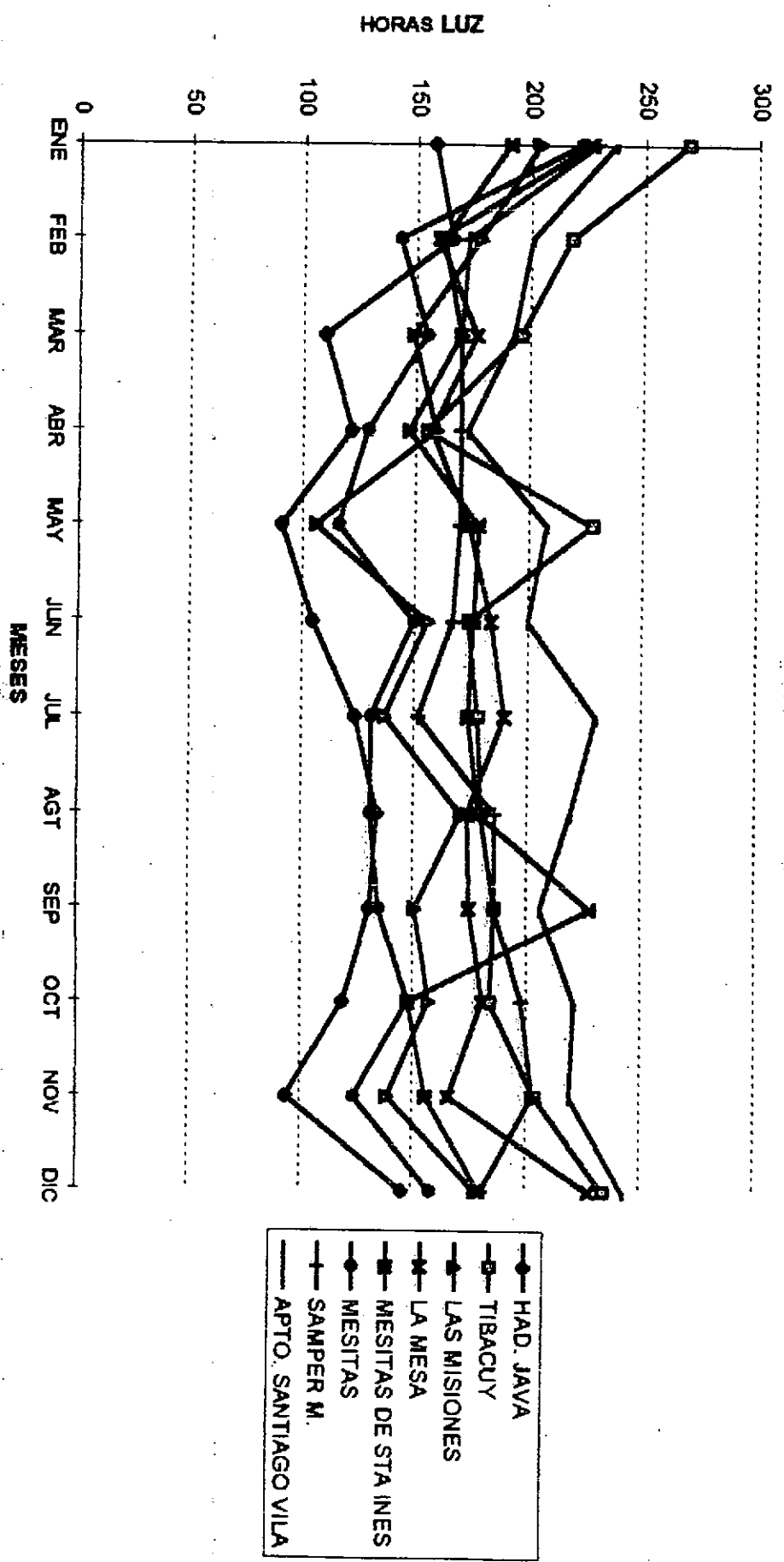


- PROM
- (%)/MUES
- MINIMO
- ▲— MAXIMO
- DESV. ST

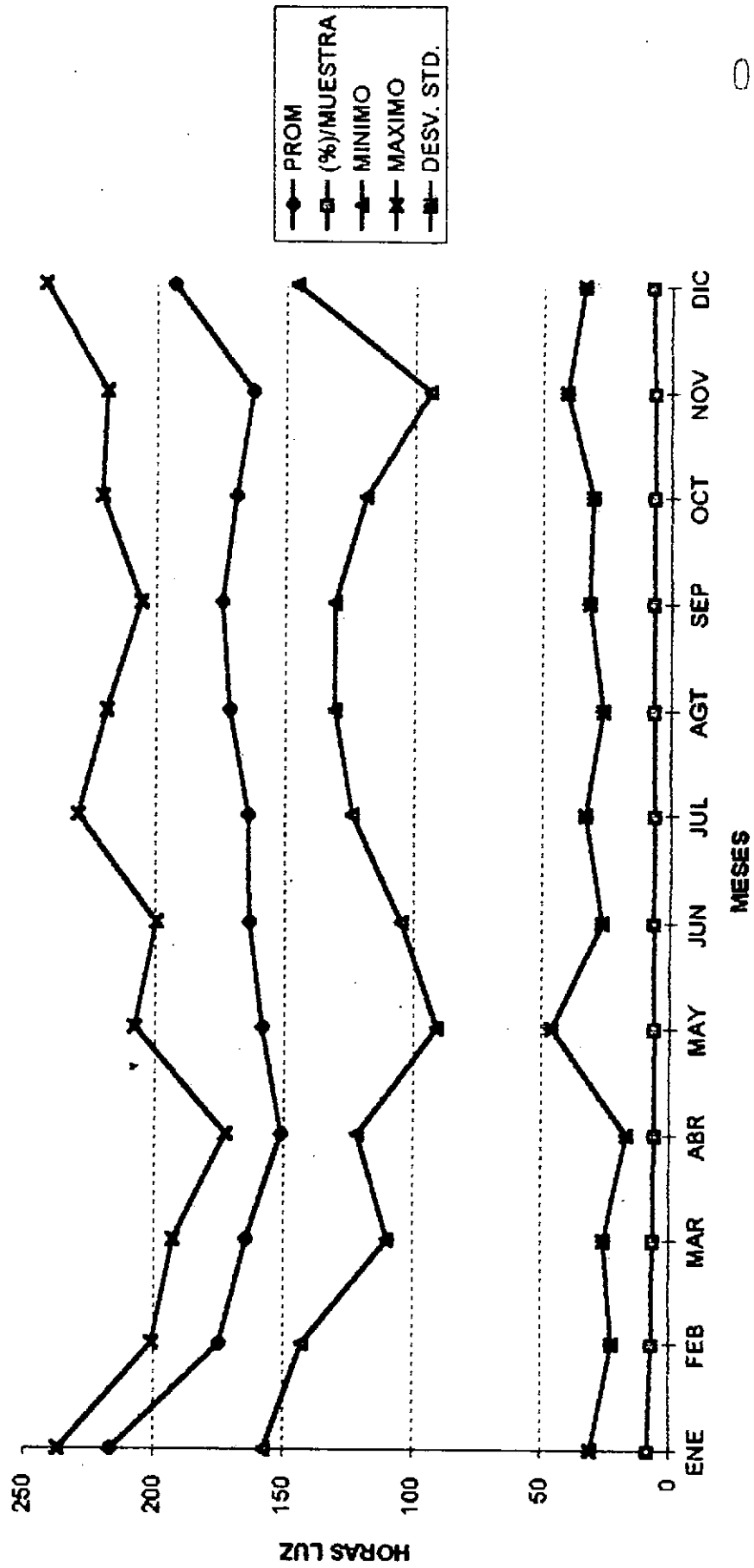
CUADRO No. CB-BS-2 HORAS DE BRILLO SOLAR MAXIMA MENSUAL MULTIANUAL CUENCA BAJA RIO BACOTA
VALORES EN HORAS LUZ SOLAR MENSUALES MULTIANUALES A 1993

#	ESTACION	COTA	MENSUALES												ANUAL	
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	
1	RAD. JAVA	1640	158	166	110	122	91	105	124	134	131	119	94	146	1500	
2	TIBACUY	1550	269	218	196	155	228	174	178	180	186	184	204	234	2406	
3	LAS MISIONES	1540	204	178	149	159	106	156	137	171	151	157	139	178	1885	
4	LA MESA	1300	226	160	177	157	174	184	190	174	175	181	166	228	2192	
5	MESITAS DE STA INES	1250	191	162	170	147	178	175	174	179	228	148	156	180	2089	
6	MESITAS	1100	222	143	155	129	116	150	131	131	135	148	124	158	1742	
7	SAMPER N.	550	229	173	170	170	170	167	152	186	186	198	203	181	2185	
8	APTO. SANTIAGO VILA	286	237	201	193	173	208	209	230	219	206	221	219	243	2550	
	RESUMEN	MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	
	FRON	172.39	217	175.13	165	151.5	158.88	164	164.5	171.75	174.75	169.5	163.13	193.5	2 069	
	(2)/MUESTRA	100	8.5098	6.8676	6.4706	5.9412	6.2304	6.4314	6.451	6.7353	6.8529	6.6471	6.3971	7.5882	100	
	MINIMO	91	158	143	110	122	91	105	124	131	131	119	94	146	1.508	
	MAXIMO	243	237	201	193	173	208	200	230	219	206	221	219	243	2.550	
	DESP. STD.	7.5	31	22	26	17	46	27	33	27	32	30	41	34	323.7	

GRAFICA No. CB-BS-2 HORAS BRILLO SOLAR MAXIMA MENSUAL MULTIANUAL CUENCA
BAJA RIO BOGOTA



GRAFICA No. CB-BS-2A RESUMEN BRILLO SOLAR HORAS MAXIMAS MENSUALES
MULTIANUALES CUENCA BAJA RIO BOGOTA



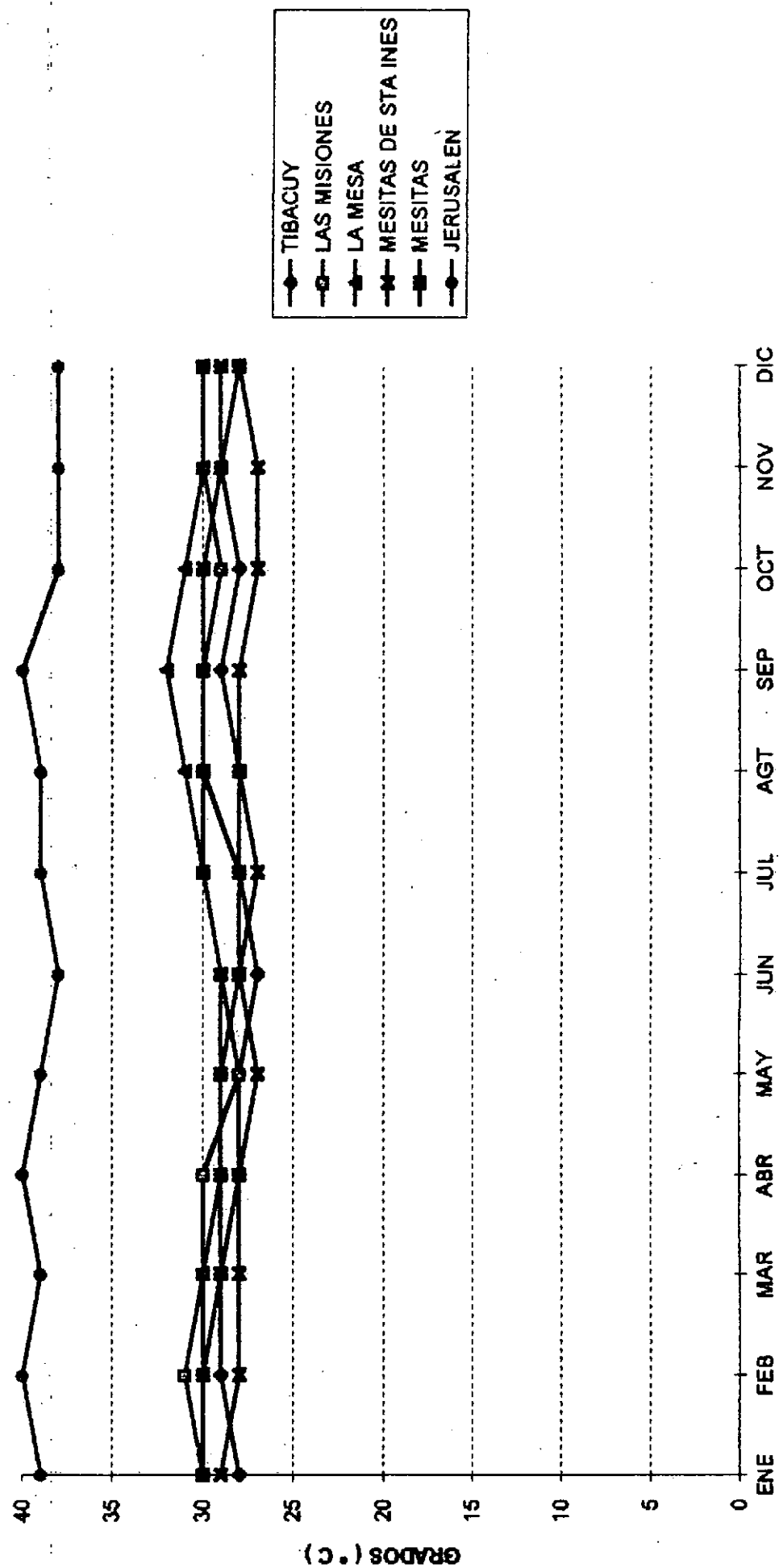
No
000117

CUADRO No. CB-BS-3 HORAS DE BRILLO SOLAR MINIMA MENSUAL MULTIANUAL CUENCA BAJA RIO BOBOTA
VALORES EN HORAS LUZ SOLAR MENSUALES MULTIANUALES A 1993

#	ESTACION	COTA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	
1	HAD. JAVA	1640	69	87	69	58	69	54	90	92	84	79	55	61	867	
2	TIBAGUY	1550	106	86	88	74	89	91	94	90	92	85	68	86	1049	
3	LAS MISIONES	1540	99	60	71	48	46	51	64	66	77	61	55	63	761	
4	LA MESA	1300	151	114	56	67	44	50	128	130	128	94	94	126	1182	
5	MESITAS DE STA. INES	1250	104	60	73	61	73	80	72	90	45	42	65	63	828	
6	MESITAS	1180	193	140	139	119	110	124	111	89	95	125	98	130	1473	
7	LAS MERCEDES	810	162	96	62	77	102	107	111	132	75	112	121	128	1285	
8	SANPER M.	550	159	93	66	129	131	77	118	147	80	147	138	87	1372	
9	APTO. SANTIAGO VILA	286	178	143	87	120	134	157	163	152	130	128	133	171	1696	
RESUMEN			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	
PROM			118,264	135,7	118	88,5	111,3	119,3	116,3	125,8	130	95	128	122,5	129	1168
[2] MUESTRA			100	17,83	15,51	11,63	14,62	15,67	15,28	16,52	17,08	12,48	16,92	16,1	16,95	100
MINIMO			53	62	69	93	62	77	102	77	111	89	75	112	87	761
MAXIMO			193	193	143	139	129	134	157	163	152	130	147	138	171	1696
DESV. STD.			7,6	40	24	31	20	14	29	22	25	22	13	15	30	300,6

05-T-2

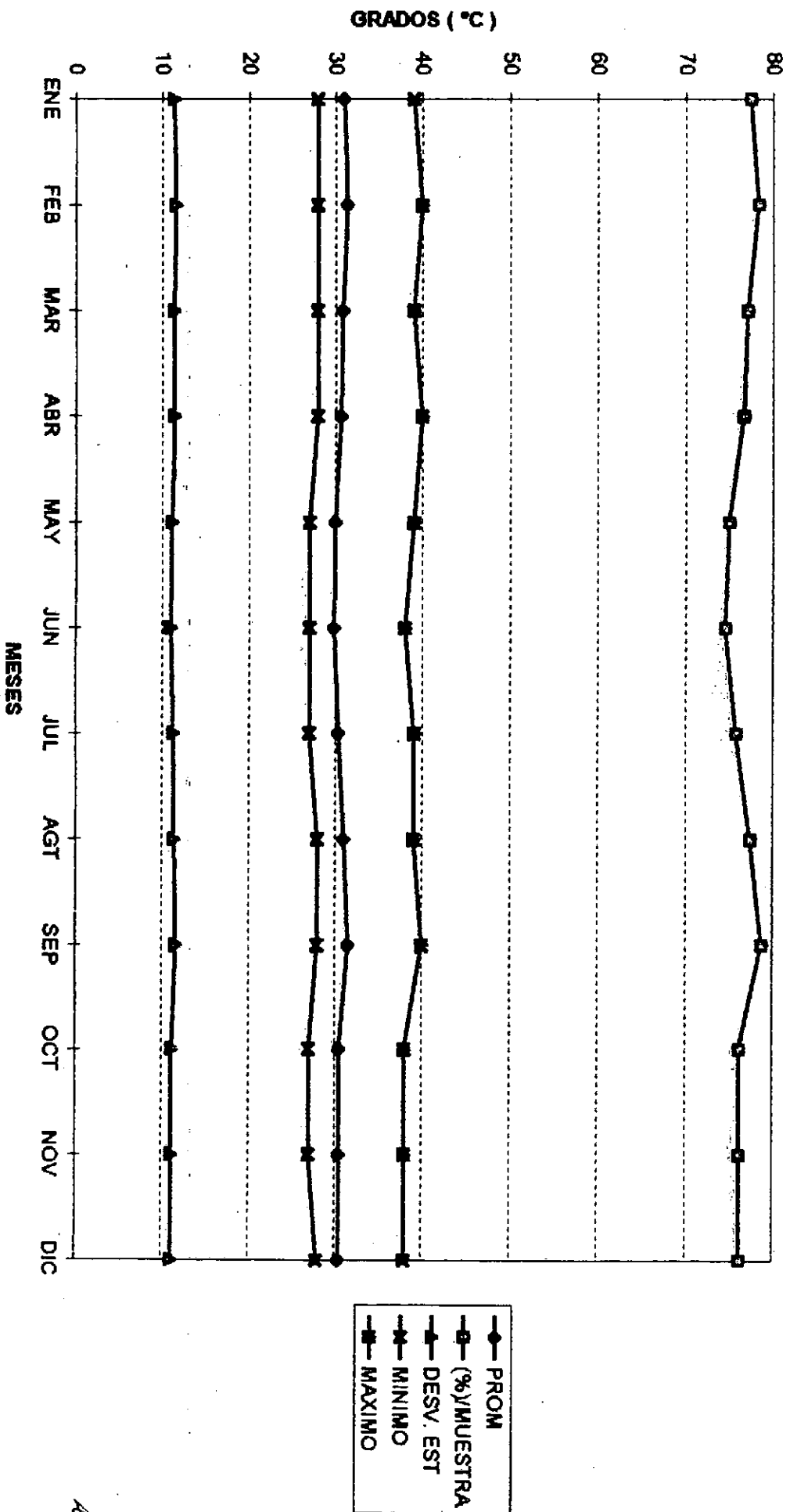
GRAFICA No. T-4 TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL MULTIANUAL CUENCA RIO BOGOTA



20

000118

GRAFICA No. 4A ^{CB-12A} RESUMEN TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL CUENCA BAJA RIO BOGOTA



40

CUADRO No. T-30 TEMPERATURA MINIMA MENSUAL MULTIANUAL DE LA CUENCA BAJA DEL RIO BOGOTA

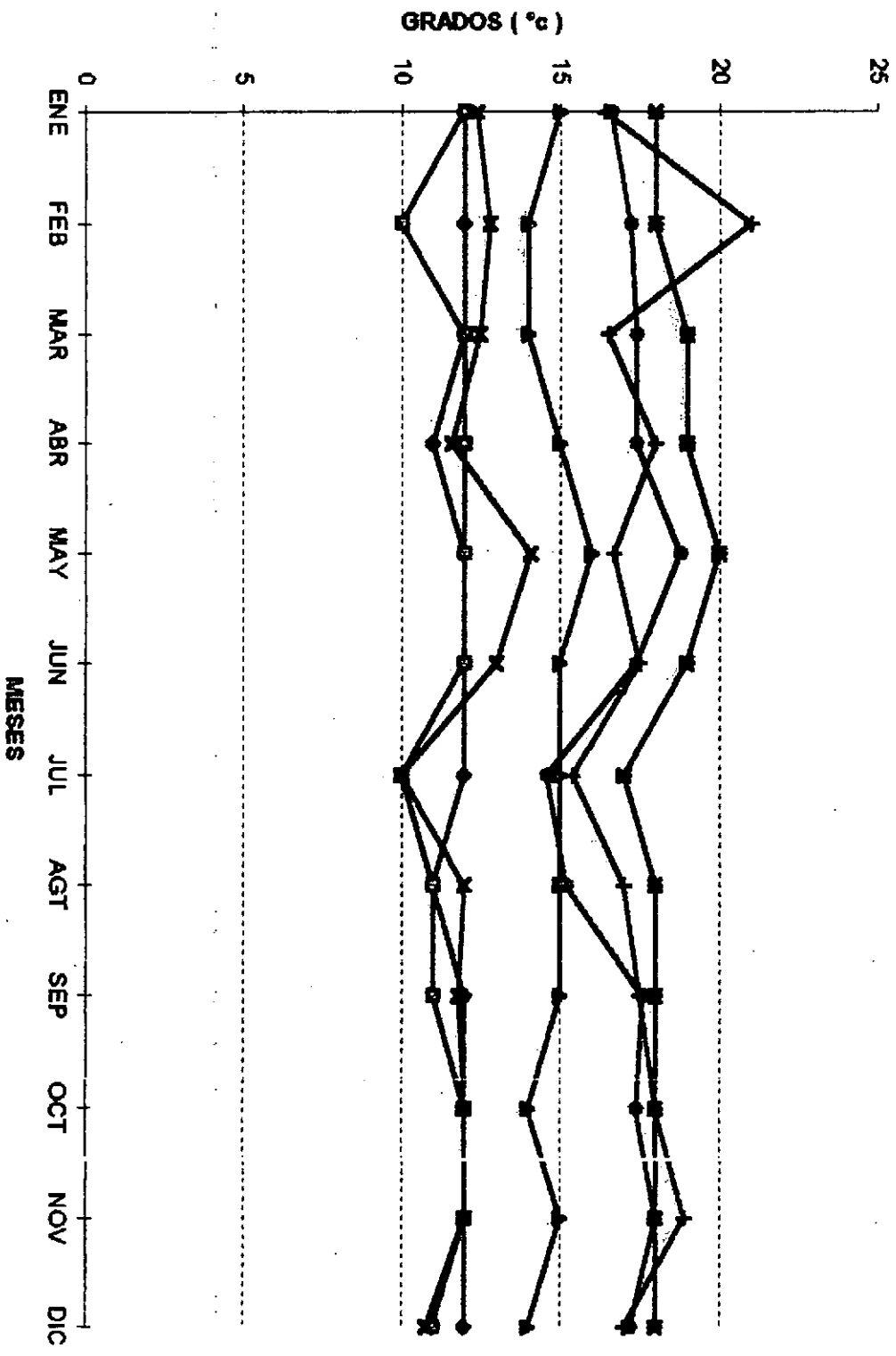
#	ESTACION	COTA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	
1	TIBACUY	1550	12	12	12	11	12	12	12	11	12	12	12	12	11	
2	LAS MISIONES	1540	12	10	12	12	12	12	10	11	11	12	12	11	10	
1	LA MESA	1300	15	14	14	15	16	15	15	15	15	14	15	14	14	
2	MESITAS DE ST	1250	12,4	12,8	12,5	11,6	14,1	13	10	12	11,8	12	12	10,8	10	
3	MESITAS	1100	18	18	19	19	20	19	17	18	18	18	18	18	17	
4	JERUSALEN	300	16,6	17,2	17,4	17,4	18,8	17,4	14,6	15,2	17,6	17,4	18	17,2	14,6	
5	AYTO SANTIAGO	286	16,4	21	16,5	18	16,7	17,5	15,4	17	17,5	18	18,9	17	15,4	
RESUMEN			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	
PROM			15,95	15,68	16,6	15,88	16,2	17,12	16,38	14,4	15,44	15,98	15,88	16,38	15,4	14,2
(%)/MUESTRA			100	156,8	166	158,8	162	171,2	163,8	144	154,4	158,8	163,8	163,8	154	100
DESV. EST			0,288	1,8957	2,9285	2,3404	2,65	2,082	2,1208	2,3461	2,053	2,343	2,445	2,5569	2,67133	2,3289
MINIMO			10	12,4	12,6	12,5	11,6	14,1	13	10	12	11,6	12	12	10,8	10
MAXIMO			21	18	21	19	20	19	17	18	18	18	18,9	18	17	17

NO

000119

GRAFICA No. 1-9 TEMPERATURA MINIMA MENSUAL MULTIANUAL CUENCA BAJA RIO BOGOTA

08-1-3



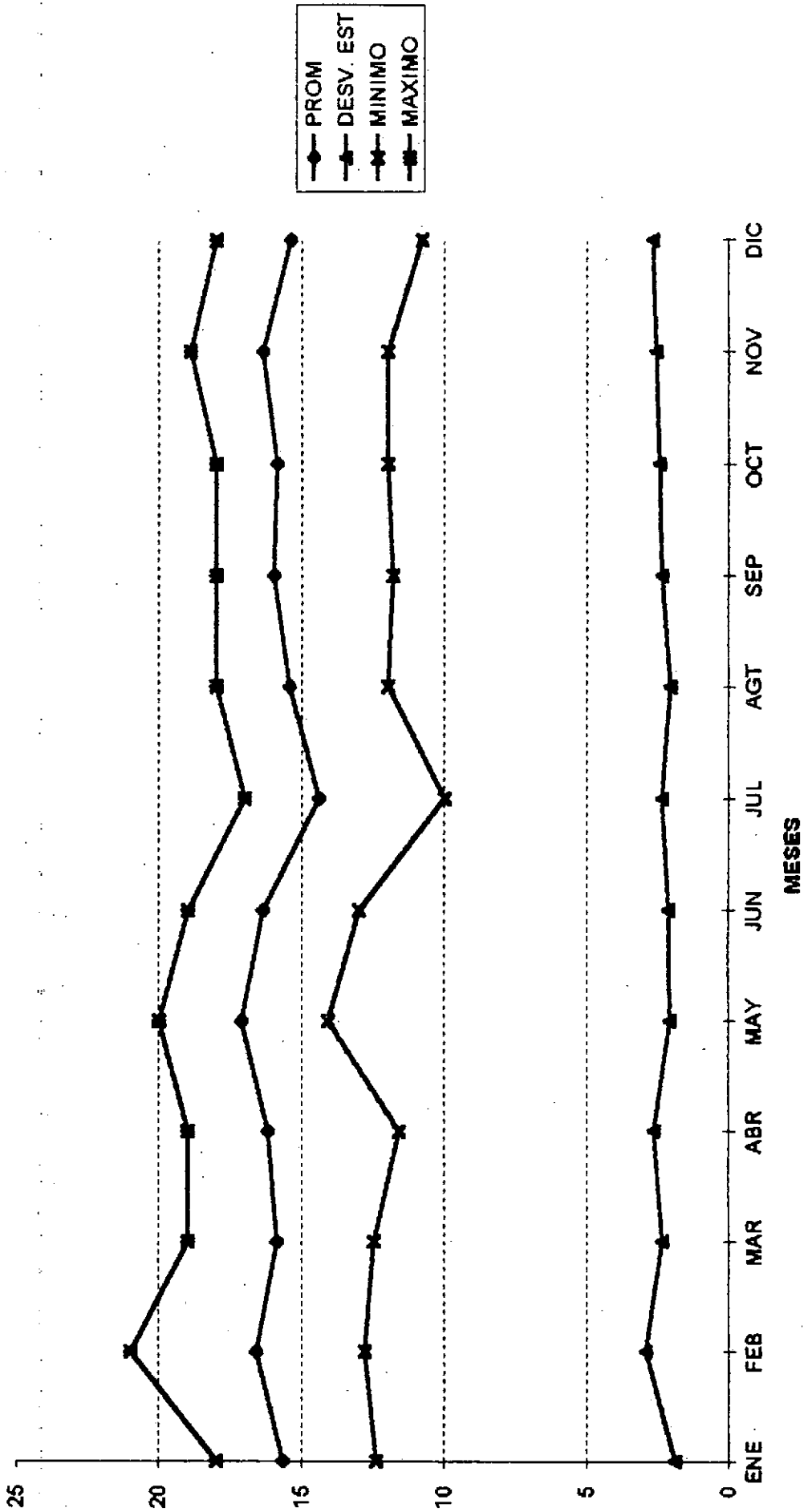
- TIBACUY
- LAS MISIONES
- ▲— LA MESA
- ◆— MESITAS DE STA INES
- MESITAS
- JERUSALEN
- +— APTO SANTIAGO AVILA

140

000120

GRAFICA No. T-6A RESUMEN TEMPERATURA MINIMA MENSUAL MULTIANUAL CUENCA BAJA RIO BOGOTA

CD-727D



CUADRO No. CB-HE-2 HUMEDAD RELATIVA RITIA ZONA-BALIA RIO BOGOTA
VALORES EN (%)

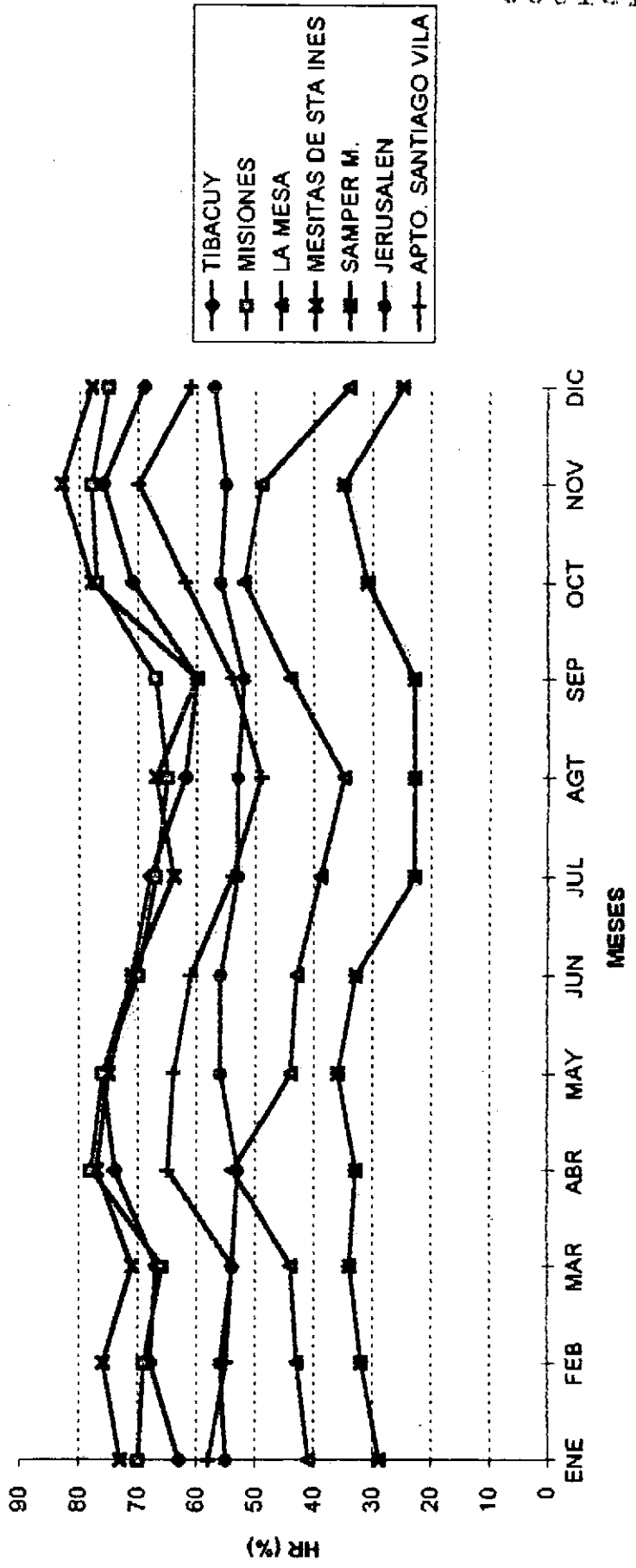
UNICA.

ESTACION	COTA	MESES												ANUAL	
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC		
1 TIHACUY	1550	63	68	67	74	76	71	68	62	60	71	76	78	59	60
2 NISIONES	1540	70	69	66	78	76	70	67	65	67	77	78	78	75	65
3 LA MESA	1300	41	43	44	54	44	43	39	35	44	52	49	34	34	60
4 HESITAS DE STA JRES	1250	73	76	71	77	75	71	64	67	60	78	83	78	60	60
5 SAPER N.	550	(59)	32	34	33	36	33	23	(23)	23	31	35	25	23	23
6 JERUSALEN	300	55	56	54	53	56	56	53	53	52	56	55	57	52	52
7 APTO. SANTIAGO VILLA	286	58	55	54	65	64	61	54	49	54	62	70	55	49	49
RESUMEN															
PROMEDIO		57	56	54	59	60	59	54	51	53	59	63	63	59	49
C21/ADEUSTA		100	113	110	120	122	119	109	104	108	120	128	120	120	100
DESV. EST.		2.2	0.5	0.0	6.0	4.0	2.5	0.5	2.0	1.0	3.0	7.5	2.0	2.0	14.2
MINIMO		23	55	54	53	56	56	53	49	52	56	55	57	49	49
MAXIMO		57	56	54	65	64	61	54	53	54	62	70	70	61	65

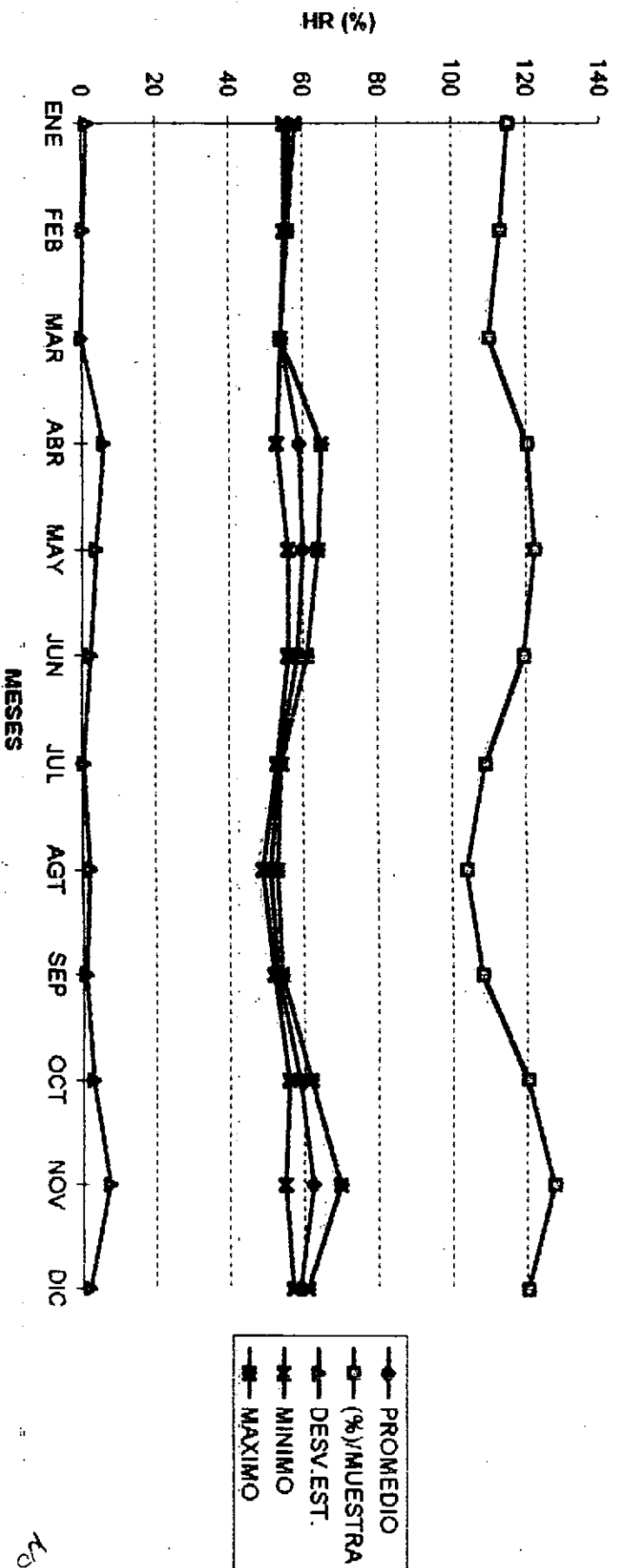
20

cuencia de la

GRAFICA No. CB-HR-2 HUMEDAD RELATIVA MINIMA MENSUAL MULTIANUAL ZONA BAJA RIO BOGOTA



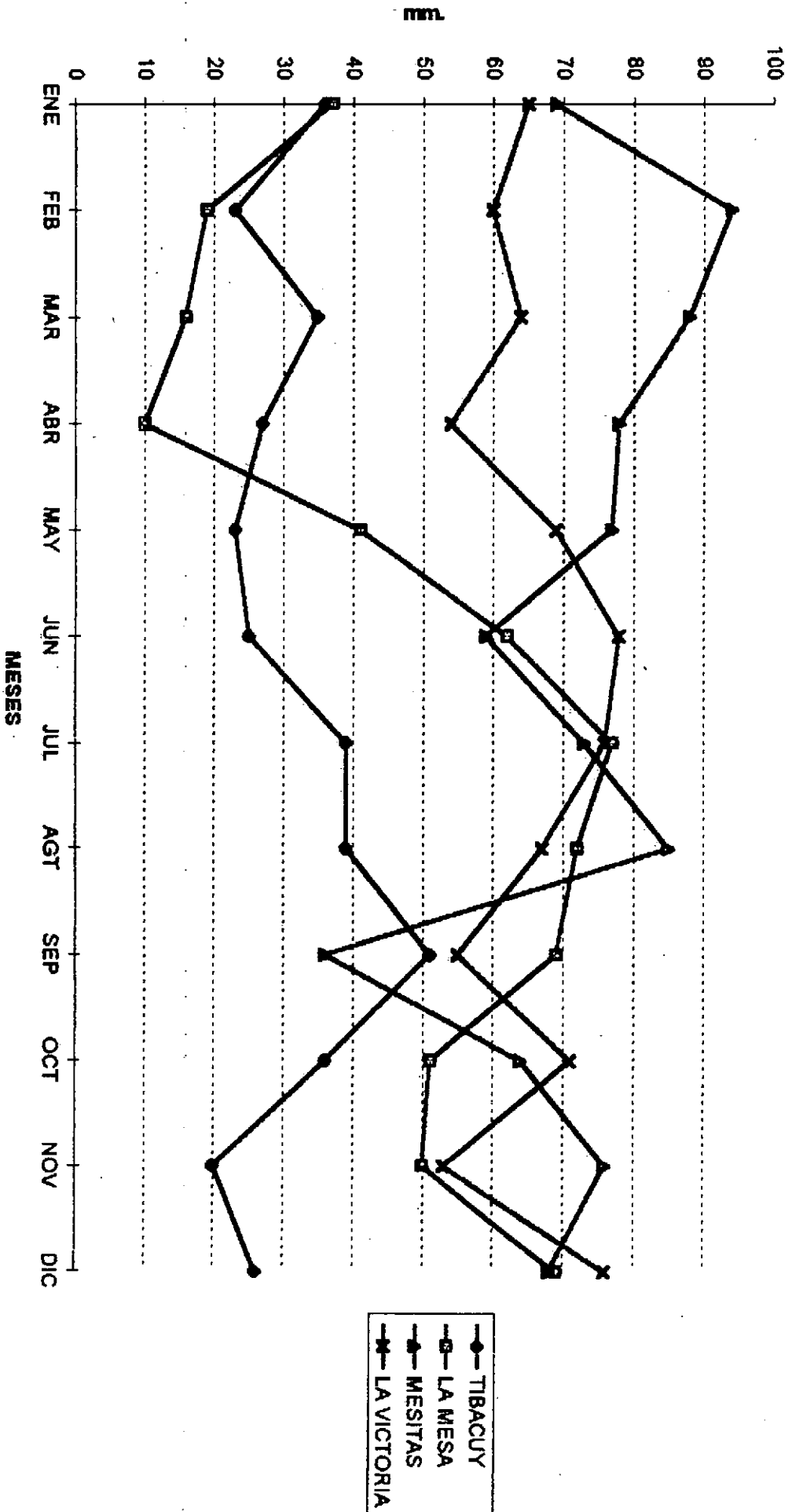
GRAFICA NO. CB-HR-2A RESUMEN HUMEDAD RELATIVA MINIMA MENSUAL MULTIANUAL
 CUENCA BAJA RIO BOGOTA



CUADRO No. CB-E-3 EVAPORACION MINIMA MENSUAL MULTIANUAL ZONA BAJA CUENCA RIO BOGOTA
VALORES EN (mm.)

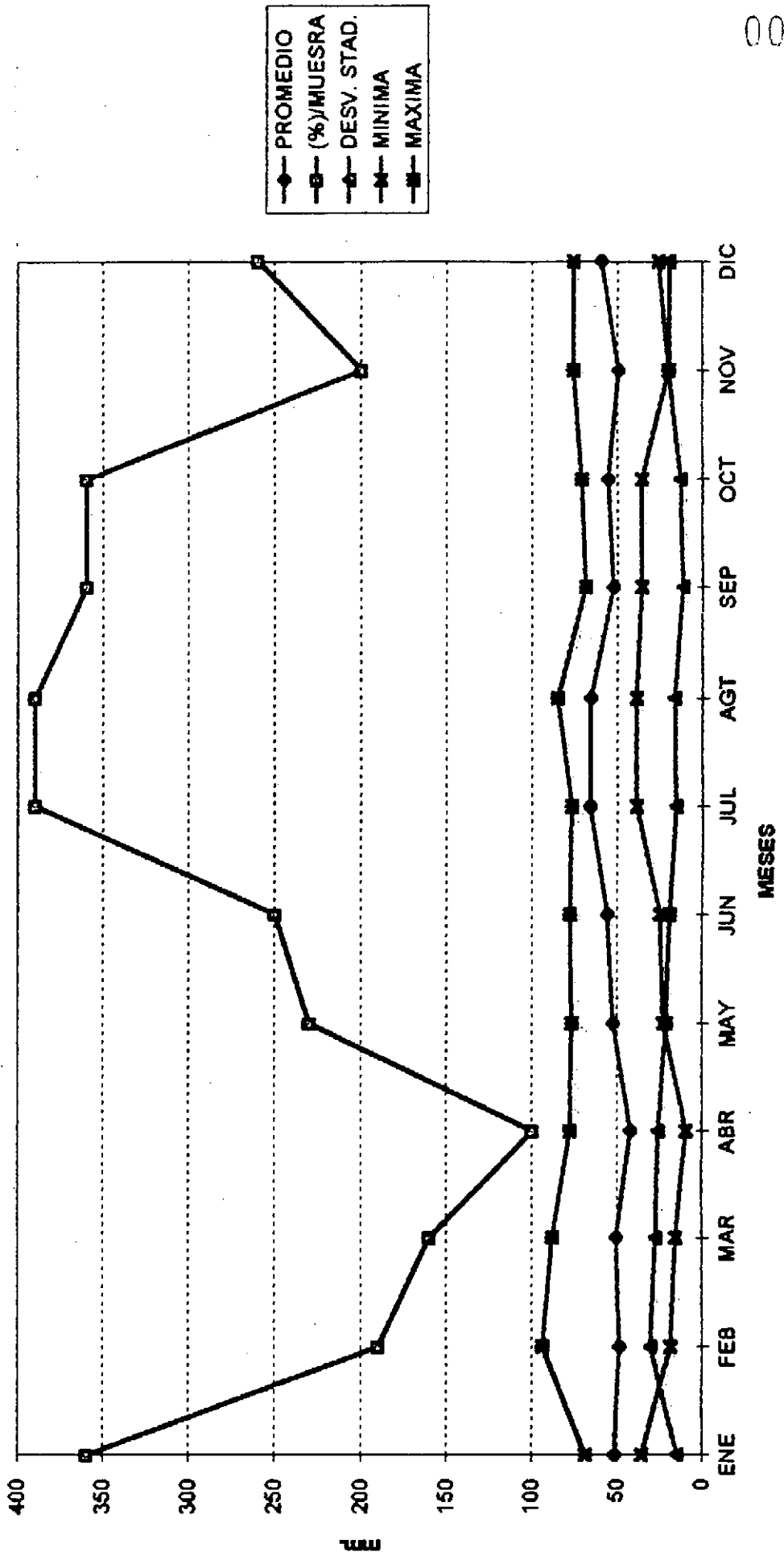
#	ESTACION	COTA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1	TIBACUY	1550	36	23	35	27	23	25	39	39	51	36	20	26	20
2	LA MESA	1300	37	19	16	10	41	62	77	72	69	51	50	69	10
3	MESITAS	1100	69	94	88	78	77	59	73	85	36	64	76	68	36
4	LA VICTORIA	380	65	60	64	54	69	78	76	67	55	71	53	76	53
	RESUMEN	MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
	PROMEDIO	54	52	49	51	42	53	56	66	66	53	56	50	60	30
	(%) AQUECERA	100	360	190	160	100	230	250	390	390	360	360	200	260	100
	DES. STAD.	6	15	31	27	26	22	19	16	17	12	13	20	20	16
	MINIMA	10	36	19	16	10	23	25	39	39	36	36	20	26	10
	MAXIMA	94	69	94	88	78	77	78	77	85	69	71	76	76	53

CB-6-3
GRAFICA No. E-6 EVAPORACION MINIMA MENSUAL MULTIANUAL CUENCA BAJA RIO BOGOTA



GRAFICA No. E-6A RESUMEN EVAPORACION MINIMA MENSUAL MULTIANUAL CUENCA BAJA RIO BOGOTA

65-E-3A



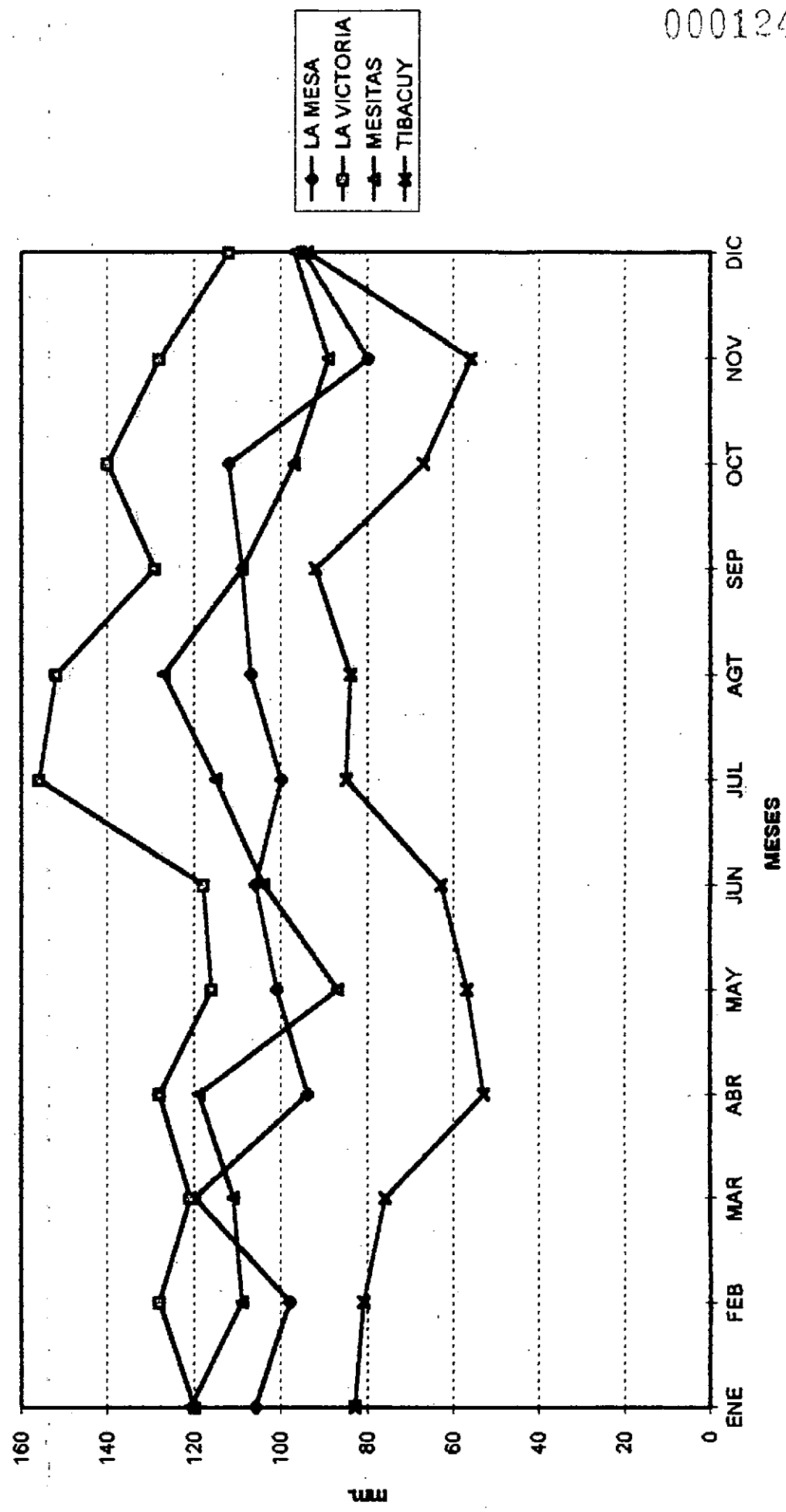
CUADRO No. T-28 TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL MULTIANUAL DE LA CUENCA BAJA DEL RIO BOGOTA

CD-7-2

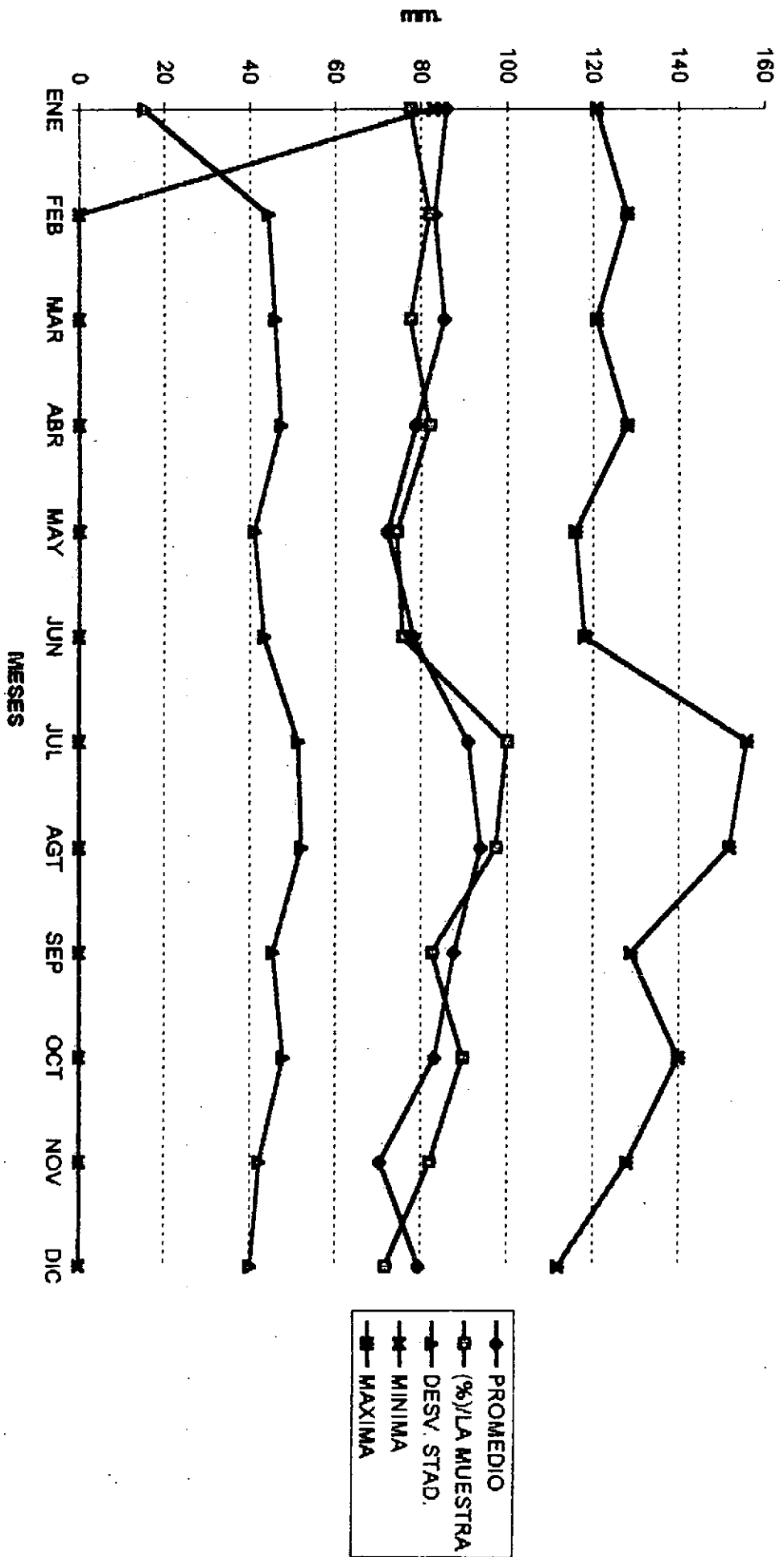
#	ESTACION	COTA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
5	TIBACUY	1550	28	29	29	28	28	27	28	28	29	28	29	28	29
6	LAS MISIONES	1540	30	31	30	30	28	29	30	30	30	29	30	30	31
1	LA MESA	1300	30	30	30	29	29	29	30	31	32	31	30	30	32
3	MESTAS DE ST	1250	29	28	28	28	27	28	27	28	28	27	27	28	29
2	MESTAS	1100	30	30	29	29	29	28	28	30	30	30	29	29	30
4	JERUSALEN	300	39	40	39	40	39	38	39	39	40	38	38	38	40
RESUMEN MES			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRON		30,67	31	31,333	30,833	30,67	30	29,833	30,333	31	31,5	30,5	30,5	30,5	31,833
(%) MUESTRA	100	77,5	78,333	77,083	76,67	75	74,583	75,833	77,5	78,75	76,25	76,25	76,25	76,25	100
DESV. EST	0,179	11,362	11,569	11,325	11,42	11,16	10,992	11,25	11,39	11,625	11,18	11,154	11,154	11,141	3,8042
MINIMO		27	28	28	28	27	27	27	27	28	28	27	27	28	29
MAXIMO		40	39	40	39	40	39	38	39	39	40	38	38	38	40

000124 vº

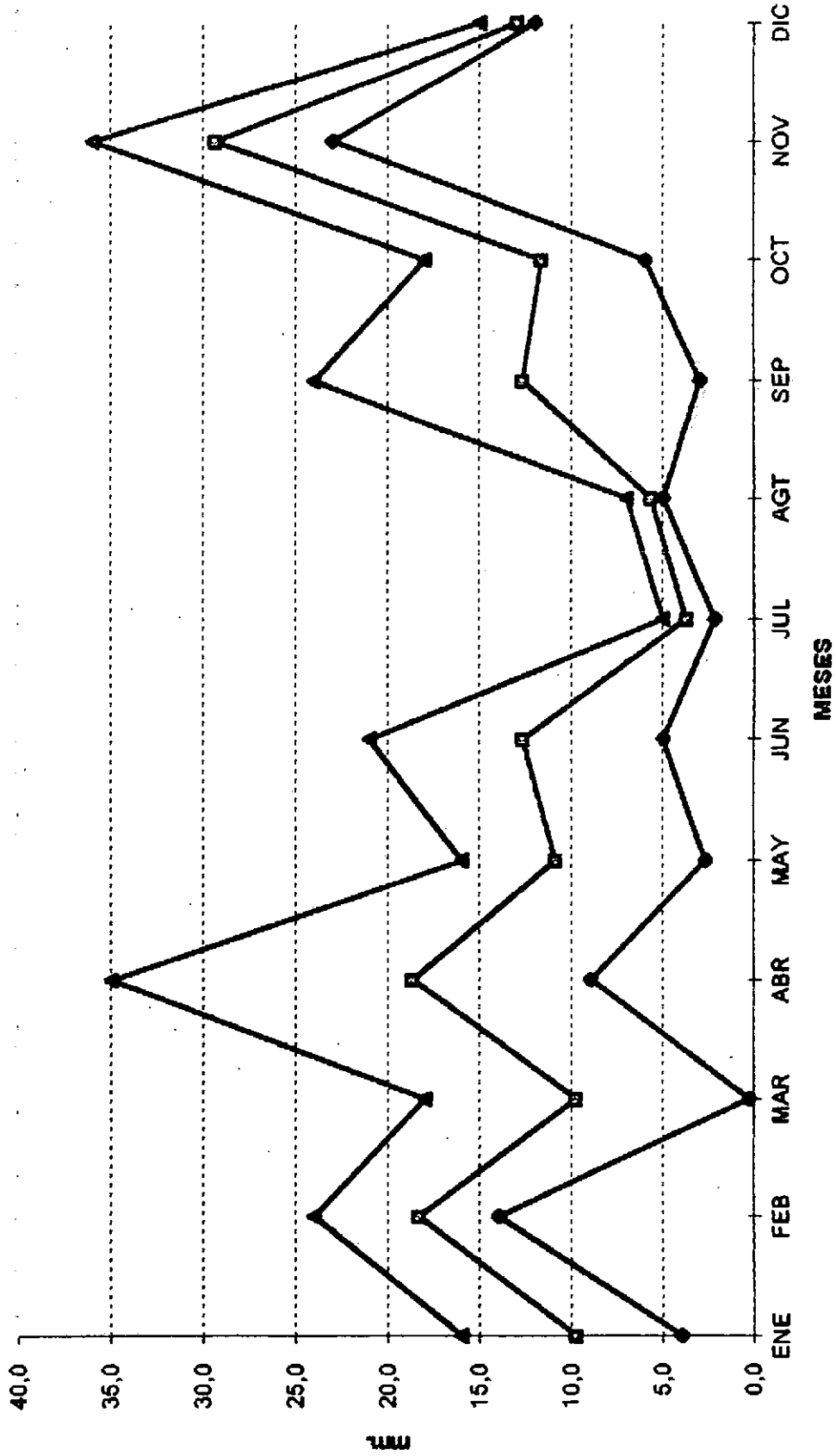
CD-E-2
GRAFICA No. E-4 EVAPORACION MAXIMA MENSUAL MULTIANUAL CUENCA BAJA RIO BOGOTA



GRAFICA No. E-4A ^{CS-E-24} RESUMEN EVAPORACION MAXIMA MENSUAL MULTIANUAL CUENCA BAJA RIO BOGOTA



CB 2
GRAFICA No. P24H-4A PRECIPITACION MINIMA 24 HORAS MENSUAL MULTIANUAL CUENCA BAJA RIO BOGOTA



000125

7051

CUADRO No. CB- E-2 EVAPORACION MAXIMA MENSUAL MULTIANUAL ZONA BAJA CUENCA RIO BOGOTA
VALORES EN (mm.)

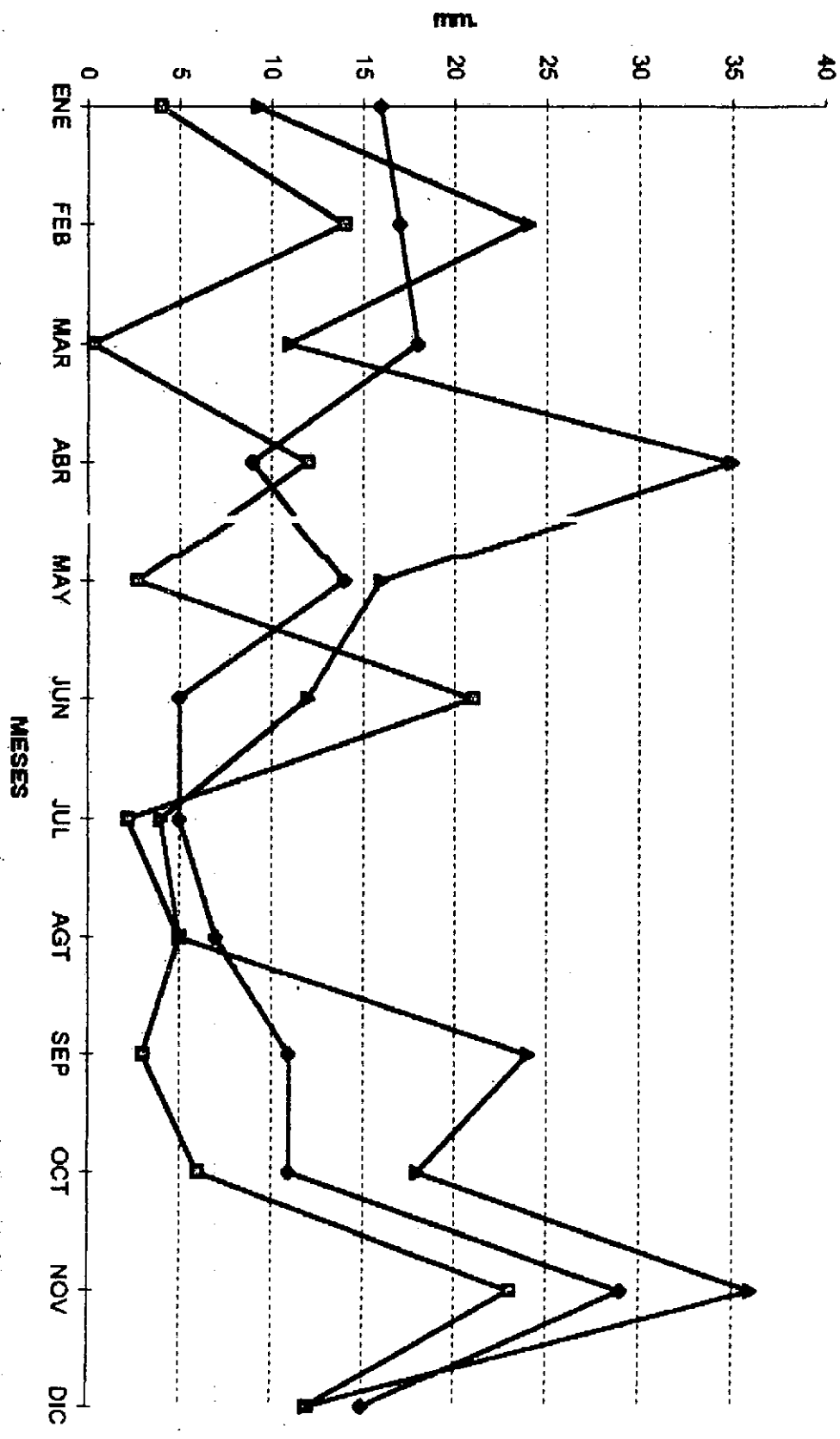
#	ESTACION	COTA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1	TIBACUY	1550	83	81	76	53	57	63	85	84	92	67	56	94	94
2	LA MESA	1300	106	98	120	94	101	106	100	107	109	112	80	95	120
3	MESTAS	1100	121	109	111	119	87	104	115	127	109	97	89	97	127
4	LA VICTORIA	380	120	128	121	128	116	118	156	152	129	140	128	112	156
	RESUMEN	MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
	PROMEDIO	103	108	104	107	99	90	98	114	118	110	104	88	100	124
	(2)/LA MUESTRA	100	78	82	78	82	74	76	100	97	83	90	82	72	100
	DESV. STAD.	6	15	17	18	29	22	21	26	25	13	26	26	7	22
	MINIMA	53	83	81	76	53	57	63	85	84	92	67	56	94	94
	MAXIMA	156	121	128	121	128	116	118	156	152	129	140	128	112	156

000126

CUADRO No. CB-P24E-2 PRECIPITACION MENSUAL MULTIANUAL MINIMA REGISTRADA EN 24 HORAS CUENCA BAJA RIO BOGOTA VALORES (mm.)

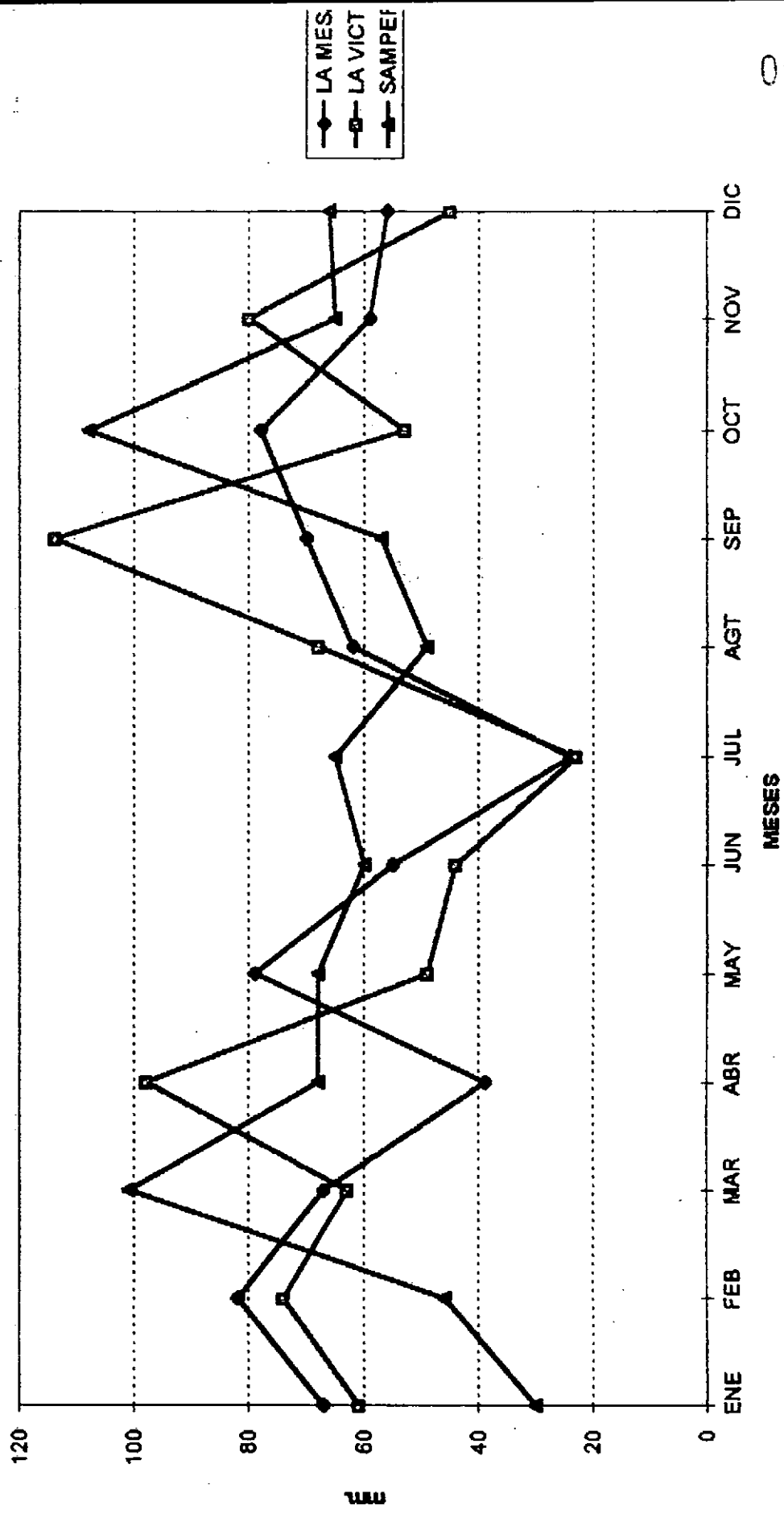
#	ESTACION	COTA	RESUMEN MESES												ANUAL	
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC		
1	LA MESA	1300	16	17	18	18	9	14	5	5	7	11	11	23	15	5.0
2	LA VICTORIA	380	4	14	0.3	0.3	12	2.7	21	2.2	5	3	6	23	12	0.3
3	SAMPER N.	550	9.3	24	11	11	35	16	12	4	5	24	18	36	12	4.0
	RESUMEN		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	
	MINIMOS	0.3	4.0	14.0	0.3	9.0	2.7	5.0	2.2	5.0	3.0	6.0	23.0	12.0	0.3	
	MEDIOS	13.0	9.8	18.3	9.8	18.7	10.9	12.7	3.7	5.7	12.7	11.7	29.3	13.0	3.1	
	MAXIMOS	36.0	16.0	24.0	18.0	35.0	16.0	21.0	5.0	7.0	24.0	18.0	36.0	15.0	5.0	

GRAFICA No. P24H-9 PRECIPITACION MINIMA 24H MENSUAL MULTIANUAL CUENCA BAJA RIO BOGOTA

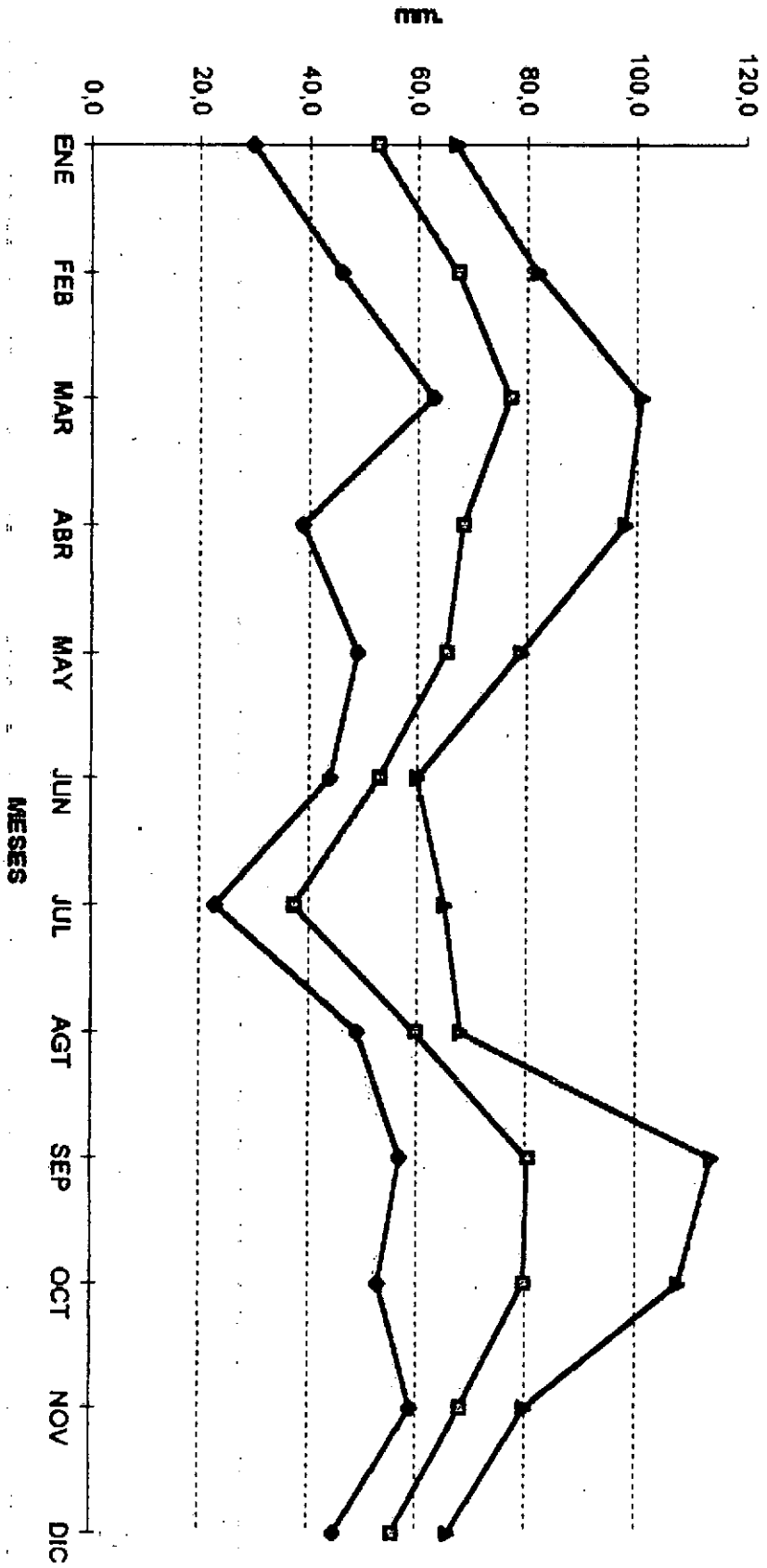


—●— LAI
 —□— LAI
 —▲— SAM

GRAFICA No. P24H-1 PRECIPITACION MAXIMA 24 HORAS MENSUAL MULTIANUAL CUENCA BAJA RIO BOGOTA



GRAFICA No. P24H-DA RESUMEN PRECIPITACION MAXIMA 24 HORAS MENSUALES
 CB-P24H-1A.
 MULTIANUALES CUENCA BAJA RIO BOGOTA



◆ MINIMA
 □ MEDIO
 ▲ MAXIMA

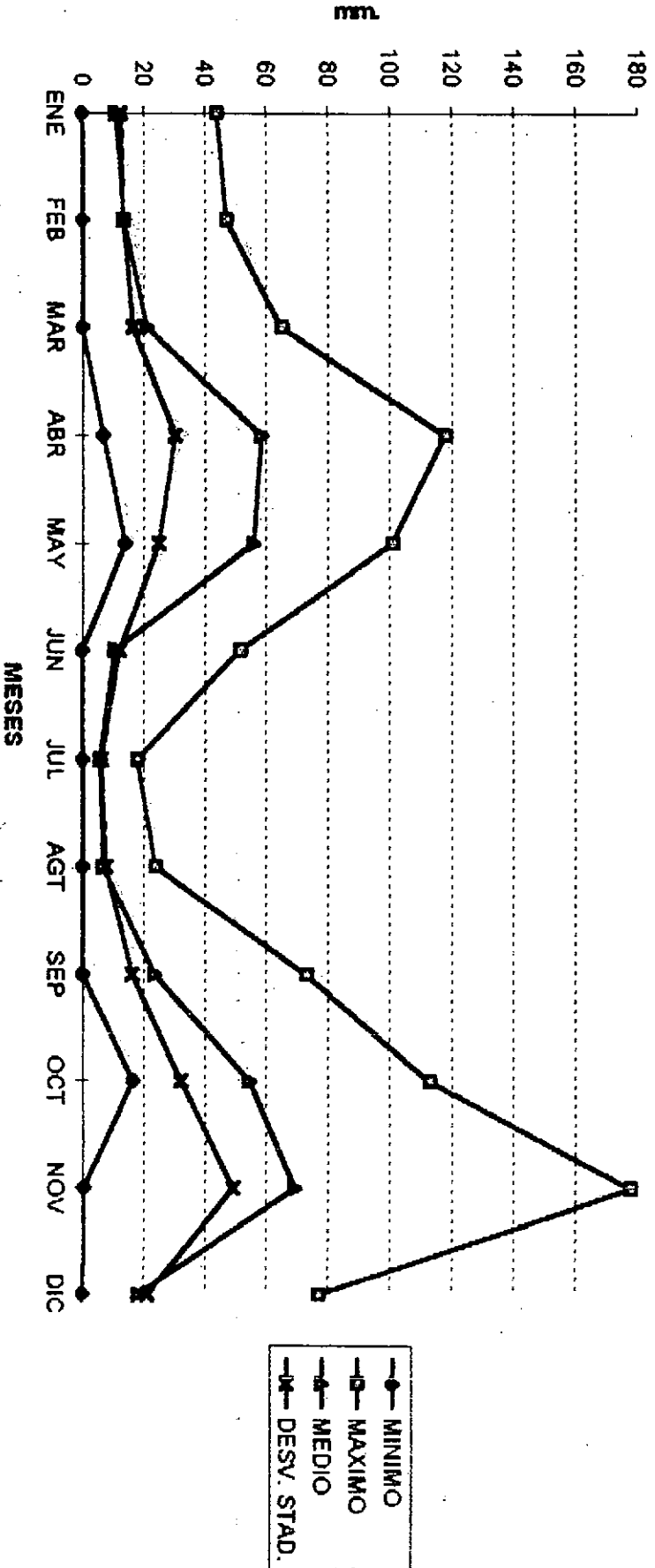
NO

CUADRO No. P24K-1 PRECIPITACION MENSUAL MULTIANUAL MAXIMA REGISTRADA EN 24 HORAS ZONA ALTA ESTEREA RIO BOGOTA
 VALORES (mm.)

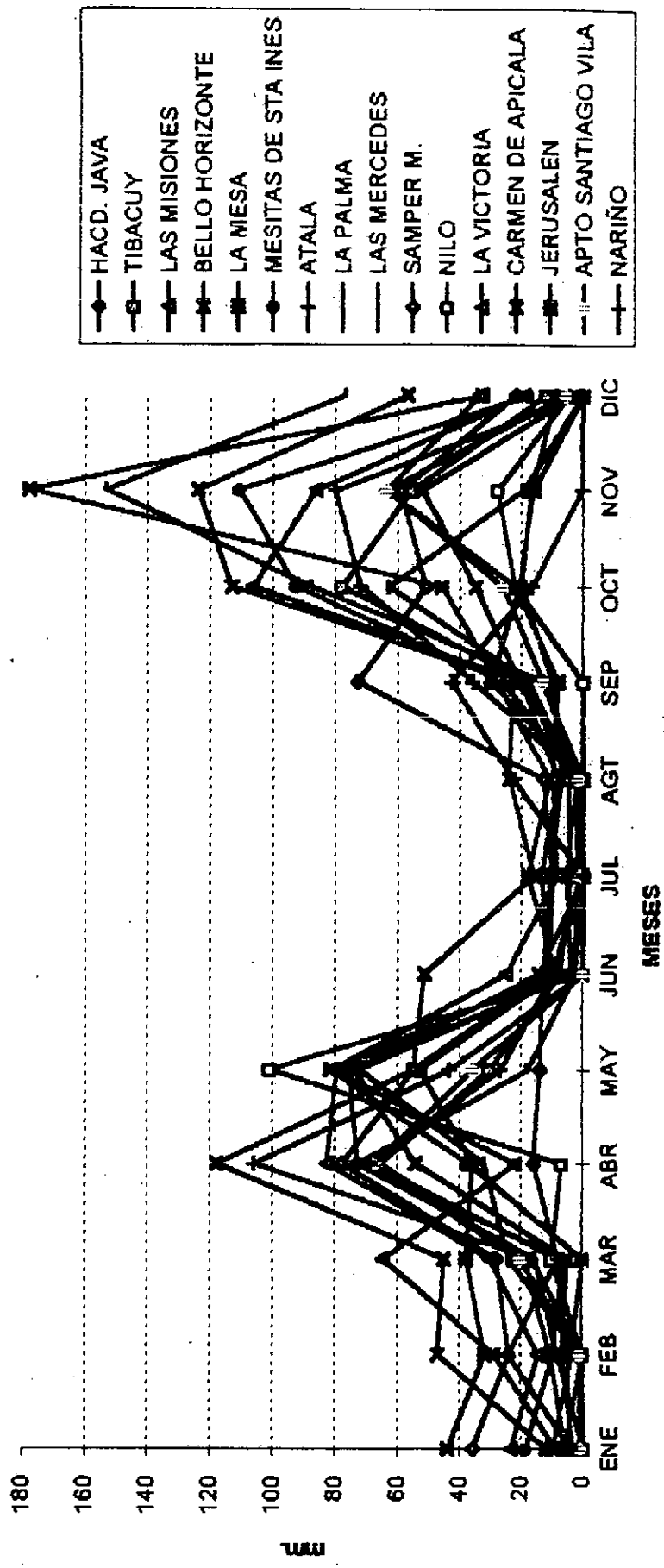
ESTACION	COTA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1 LA MESA	1300	67	82	67	39	79	55	24	62	70	78	59	56	82.0
2 LA VICTORIA	380	61	74	63	98	49	44	23	68	114	53	80	45	114.0
3 SANPER N.	550	30	46	101	68	68	60	65	49	57	108	65	66	108.0
RESUMEN	MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MINIMOS		30.0	46.0	63.0	39.0	49.0	44.0	23.0	49.0	57.0	53.0	59.0	45.0	82.0
MEDIOS		63.7	67.3	77.0	68.3	65.3	53.0	37.3	59.7	80.3	79.7	68.0	55.7	101.3
MAXIMOS		114.0	82.0	101.0	98.0	79.0	60.0	65.0	68.0	114.0	108.0	80.0	66.0	114.0

CB-
 C.A. C.A. P.A. S.D.

GRAFICA No. CB-P-3A RESUMEN PRECIPITACION MINIMA CUENCA BAJA RIO BOGOTA



GRAFICA No. CB-P-3 PRECIPITACION MINIMA MENSUAL MULTIANUAL CUENCA BAJA RIO BOGOTA



CUADRO No. CRP-3 PRECIPITACION MINIMAS MENSUALES MULTIANUALES CUENCA BAJA RIO BOGOTA
VALORES EN (mm.)

#	ESTACION	COTA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1	HACD. JAVA	1640	4	5	8	16	14	13	11	7	10	20	17	9	4,0
2	TIBACUY	1550	5,8	10,4	18,7	65,8	30,5	7,3	4	5	18,4	78,1	55,7	12,2	4,0
3	LAS MISIONES	1540	23,5	14,4	30,3	82,8	79,6	11,2	13,6	8,1	20,2	106,5	86,3	19,4	8,1
4	BELLO HORIZONTE	1380	12	47	45	118	55	51,6	16	24	23	113	124	57	12,0
5	LA MESA	1300	44	32	38	36	53	9	18	11	28	46	178	33	9,0
6	MESITAS DE STA INES	1250	18,8	9,7	6,3	72,9	75,7	2,9	2	1,7	26,4	92,7	110,6	18,2	1,7
7	ATAJA	1160	6	0	16,5	106	43,5	0	0	0	36	72	80	1	0,0
8	LA PALMA	1100	0	8,2	15,3	73,1	18	2,5	0	0	13	87,8	153,4	77	0,0
9	LAS MERCEDES	810	1,4	0,9	24	32,1	72,5	3,7	5,5	1,9	17,8	63,1	19,7	0,3	0,3
10	SABER N.	550	36	24	28	78	55	11	10	13	73	51	59	22	10,0
11	NILO	490	0	0	10	6,9	101	0	0	0	0	22,2	27,9	5	0,0
12	LA VICTORIA	380	9	29	65	22	81	25	8,5	10	8,2	22	64	34	8,2
13	CARMEN DE APICALA	328	3,4	6,8	4,8	54,5	74	14,2	0	0	21	35	52,5	3	0,0
14	JEKUSALEM	300	9,8	3,6	0	37,2	81,6	10	1	0	30,2	20,8	16,3	0	0,0
15	APTO SANTIAGO VILA	286	1	1	20,5	67,8	35,9	0	0,8	1,6	13,1	26,2	63,8	5,7	0,0
16	NAETMO	263	4	24,3	8	68,9	27	9,5	0	23	42,9	16,7	0,4	0	0,0
	RESUMEN	MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
	MINIMO		0	0	0	6,9	14	0	0	0	0	16,7	0,4	0	0
	MAXIMO		178	44	65	118	101	51,6	18	24	73	113	178	77	12
	MEDIO		69,3	11,2	21,2	58,6	56,1	10,7	5,7	6,6	23,8	54,6	69,3	18,6	3,6
	DESV. STAD.		11,8	12,7	13,4	16,5	30,5	25,1	12,3	7,7	16,4	32,4	49,4	21,5	4,4

CUADRO No. EH-18 BALANCE HIDRICO CLIMATICO - VALORES MULTIANUALES A 1993 (mm.)

ESTACION GUAYMAPAL

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACION	27	45	58	98	90	58	44	42	67	102	89	42	782
ETP	77	71	71	61	65	66	69	70	71	69	67	70	827
ALMACENAMIENTO				37	38	30	5			33	38	10	191
DEFICIT	40	26	13					23	4				106
EXCESO					24								41
INDICE ARIEZ	1.17	1.95	2.52	4.26	3.91	2.52	1.91	1.82	2.91	4.43	3.86	1.82	33.08
P. HUMIDO				*	*	*	*	*	*	*	*	*	4
P. INTERMEDIO													7
P. SECO													1

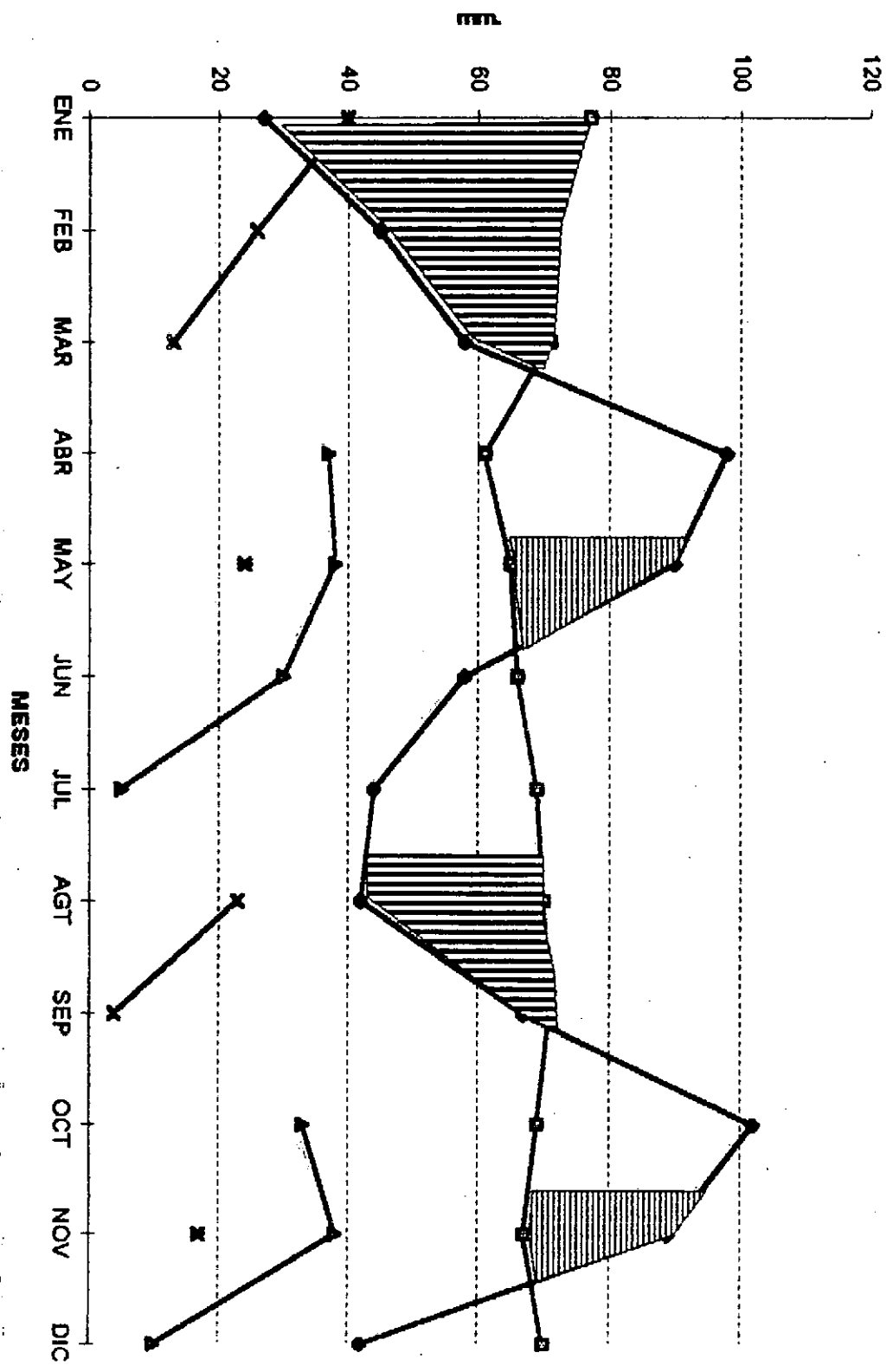
LOS PERIODOS HUMIDOS (ABRIL, MAYO) Y (OCTUBRE Y NOVIEMBRE) SON PERIODOS JUNTOS

INTERVALOS CON PERIODOS INTERMEDIOS : (JUNIO Y JULIO) CON ALMACENAMIENTO

LOS OTROS : (FEBRERO Y MARZO) (AGOSTO, SEPTIEMBRE) Y DICIEMBRE. CON DEFICIT

EL MES MAS SECO ES ENERO

GRAFICA BH-1B BALANCE HIDRICO CLIMATICO ESTACION GUAYMARAL



- — PRECIPITACION
- — ETP
- ▨ — ALMACENAMIENTO
- ▨ — DEFICIT
- ▨ — EXCESO

MESES

mm

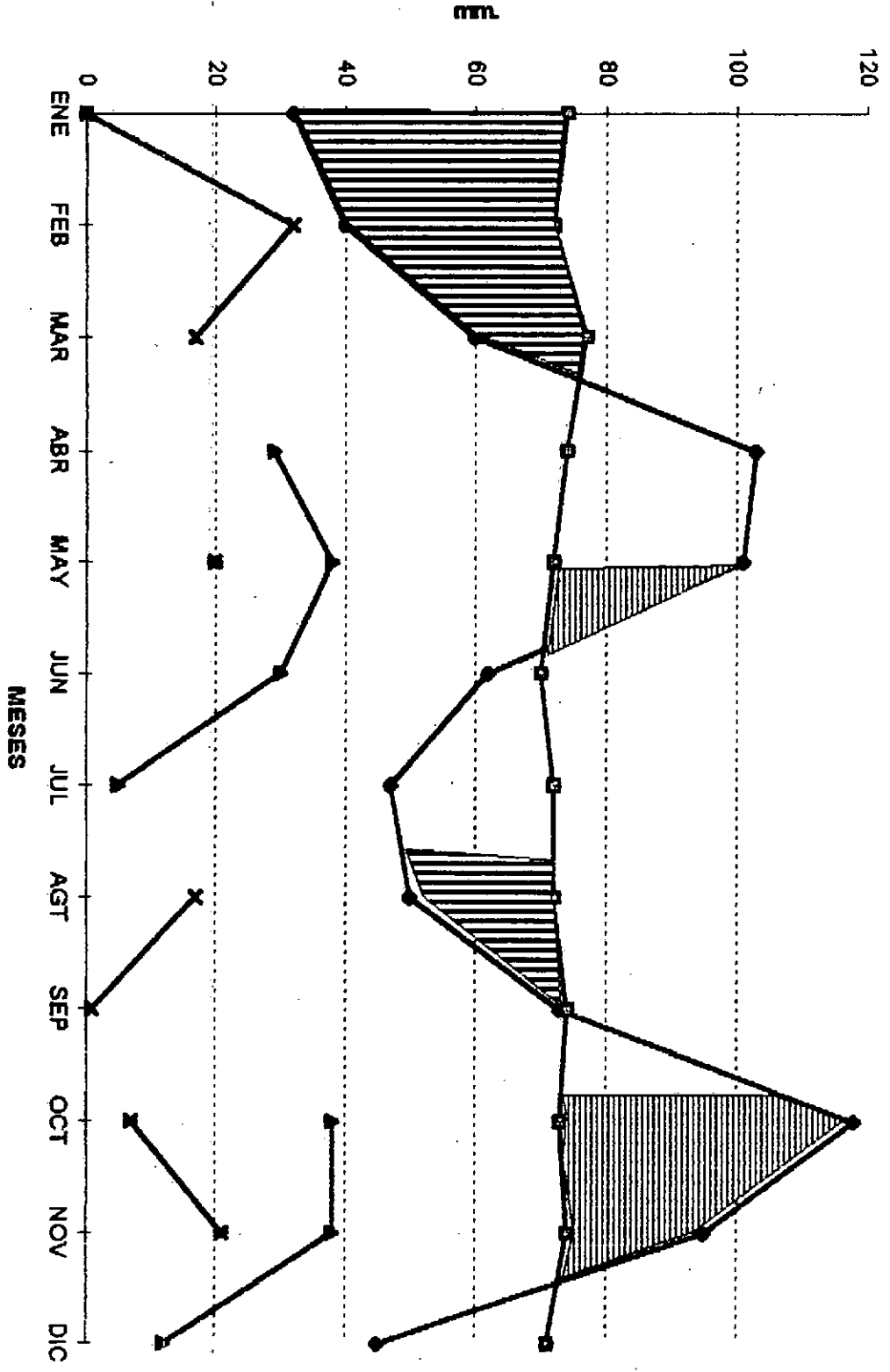
CA.
 CUADRO No. BH-1A BALANCE HIDRICO CLIMATICO - VALORES MULTIANUALES A 1993 (mm.)

ESTACION LA PRIMAVERA

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACION	32	40	60	103	101	62	47	50	73	118	95	45	826
ETP	74	72	77	74	72	70	72	72	74	73	74	71	875
ALMACENAMIENTO	0			29	38	30	5			38	36	12	790
DEFICIT	0	32	17					17	1				67
EXCESO					20					7	21		48
P.HUMEDO													
P.INTERMEDIO													
P.SECO													

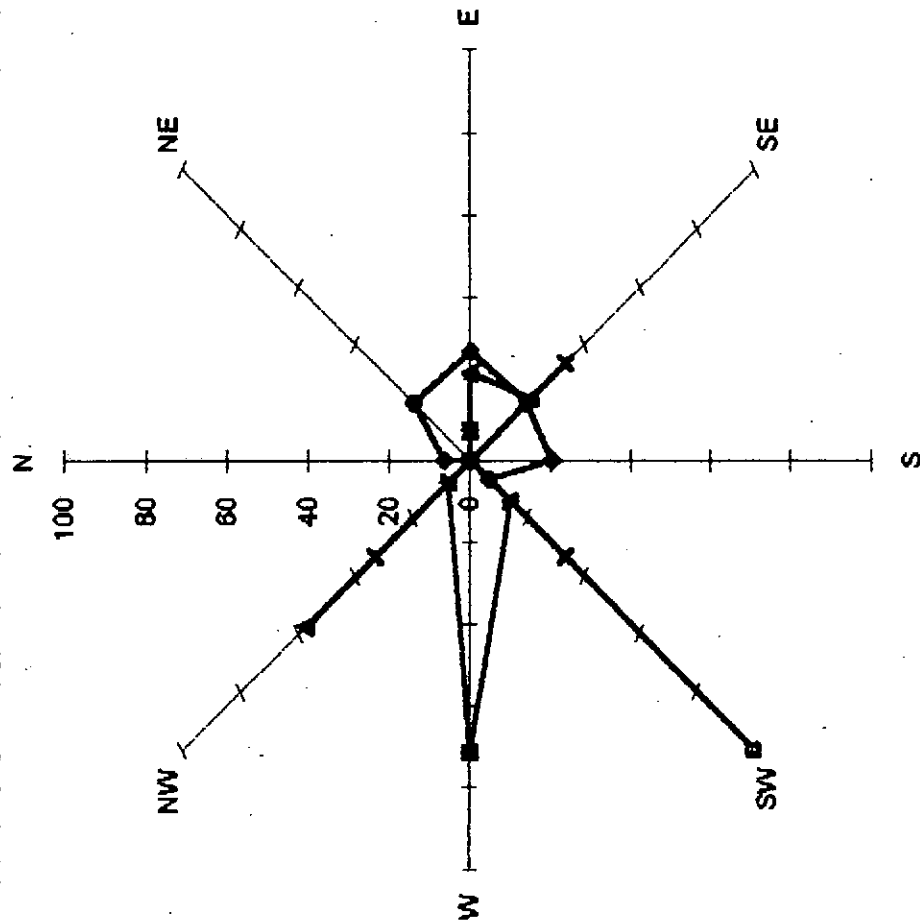
DOS PERIODOS HUMEDOS (ABR, MAY) Y (OCT, NOV) MUY PAREJOS LOS DOS.
 COMO MESES INTERMEDIOS CON ALMACENAMIENTOS (JUN, JUL, DIC)
 MESES INTERMEDIOS SIN ALMACENAMIENTOS (FEB, MARZ, AGT, SEP)
 EL MES SECO (ENE) SIN DEFICIT.

GRAFICA BH-VESTACION PRIMAVERA



- PRECIPITACION
- ETP
- ▨ ALMACENAMIENTO
- ▤ DEFICIT
- ▧ EXCESO

CA-
**GRAFICA No. VmMD-1 FRECUENCIA DE LA DIRECCION QUE ACOMPAÑA LA VELOCIDAD
 MAXIMA MES DE DICIEMBRE**



000132

FRECUENCIA SOBRE LA CARDINAL REGISTRADA (%)

CUADRO No. VAMD-1 VELOCIDAD MEDIA MAXIMA Y SU DIRECCION FRECUENTE

CH-2

RESUMEN POR CARDINALES MENSUAL-MULTIANUAL.

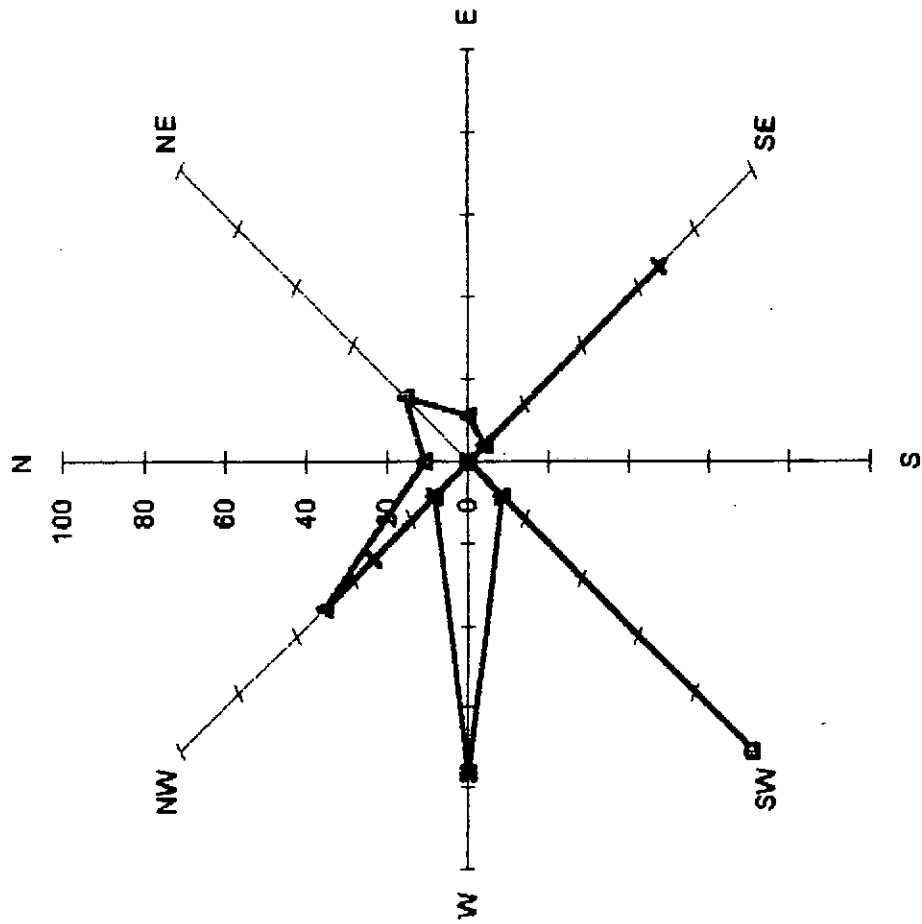
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	#TRAS
GUAYARAL	7	47	60	42	40	16	3	4	197
LA MESA	0	0	0	0	0	28	0	0	45
PRIMAVERA	8	15	46	45	1	2	0	77	189
VENECIA	0	0	0	11	0	13	1	20	47
EL MUNA	0	13	21	12	1	31	107	5	176
FREC. %	2.293578	11.47	19.42	16.82	6.422018	13.76	16.97	16.21	654

FRECUENCIA PARA AQUELLA DIRECCION DE LA CUAL SOPLA EL VIENTO

CONVENCIONES: VMAX. DIRECCION MEDIA MAXIMA REGISTRADA - CASOS PRESENTADOS POR ESA CARD

VMD: DIRECCION DE LA VELOCIDAD MEDIA MAXIMA ALCANZADA EN ESA CARD

CA-
**GRAFICA No. VmMD-1 FRECUENCIA DE LA DIRECCION QUE ACOMPAÑA LA VELOCIDAD MAXIMA
 MES DE NOVIEMBRE**

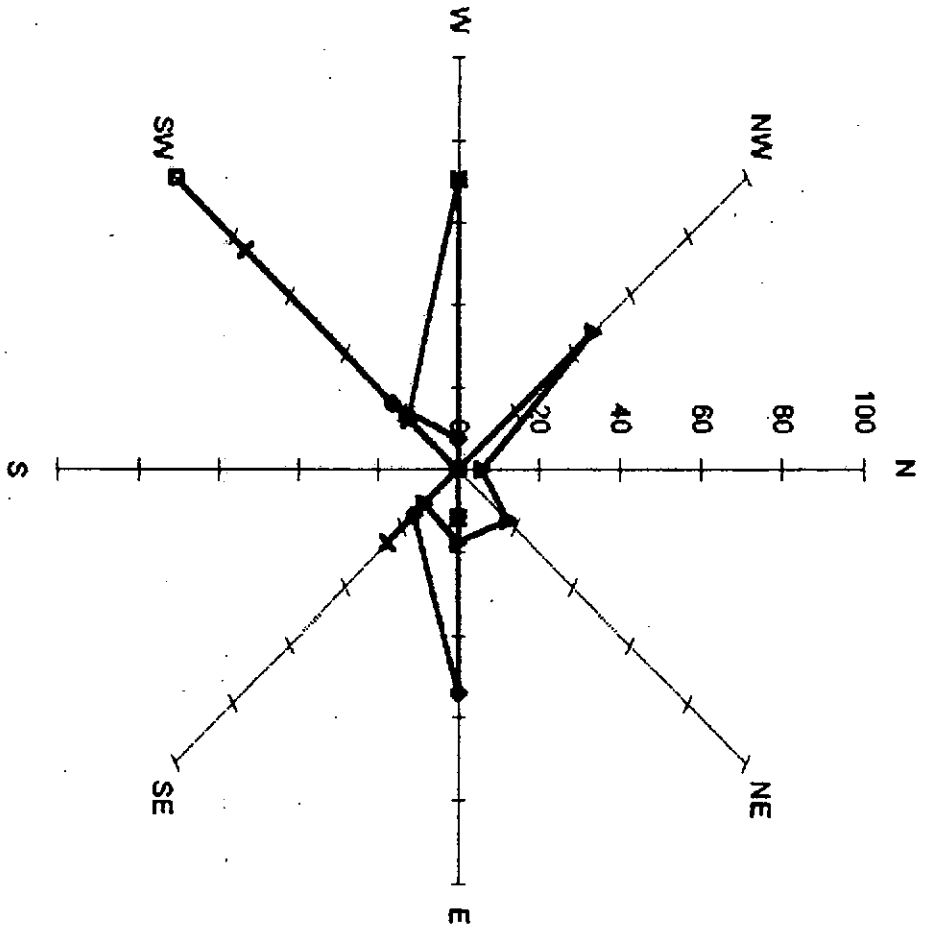


□ LA MESA
 △ PRIMAVERA
 × VENECIA
 * EL MUÑA

000133

FRECUENCIA SOBRE LA CARDINAL REGISTRADA (%)

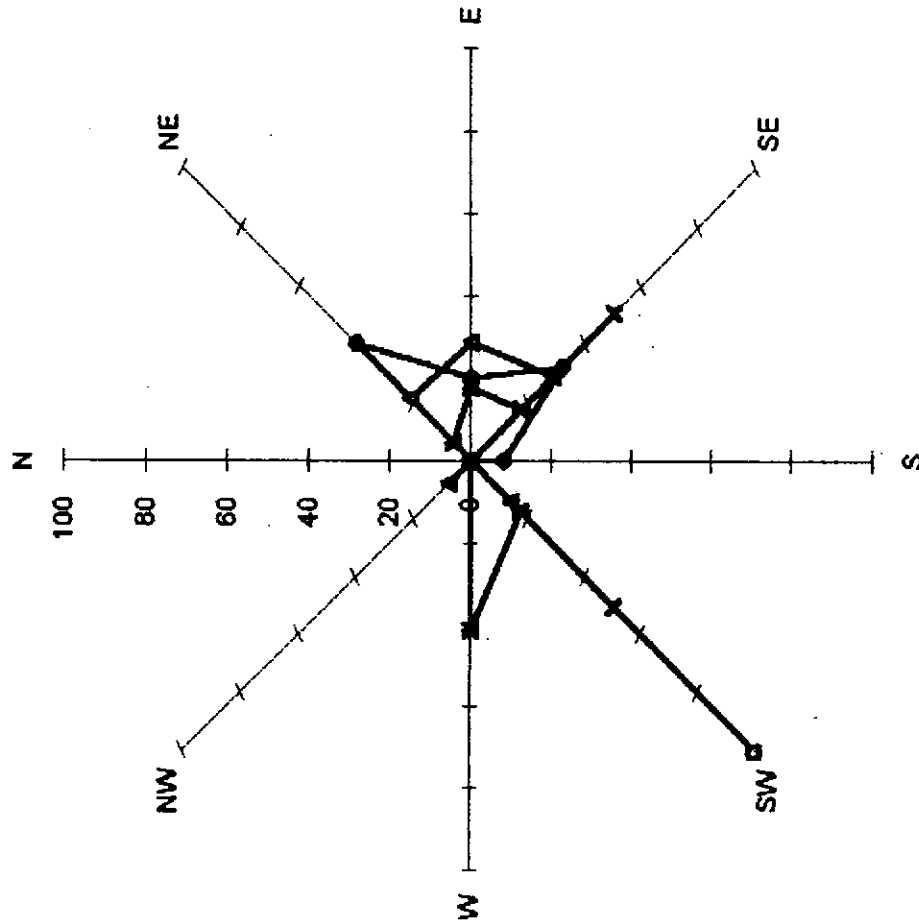
GRAFICA No. ^{CP-}Vmmd-1 FRECUENCIA DE LA DIRECCION QUE ACOMPAÑA LA VELOCIDAD MAXIMA
MES DE OCTUBRE



- ◆ GUAYMARAL
- ◻ LA MESA
- ▲ PRIMAVERA
- ✕ VENECIA
- EL MUÑA

FRECUENCIA SOBRE LA CARDINAL REGISTRADA (%)

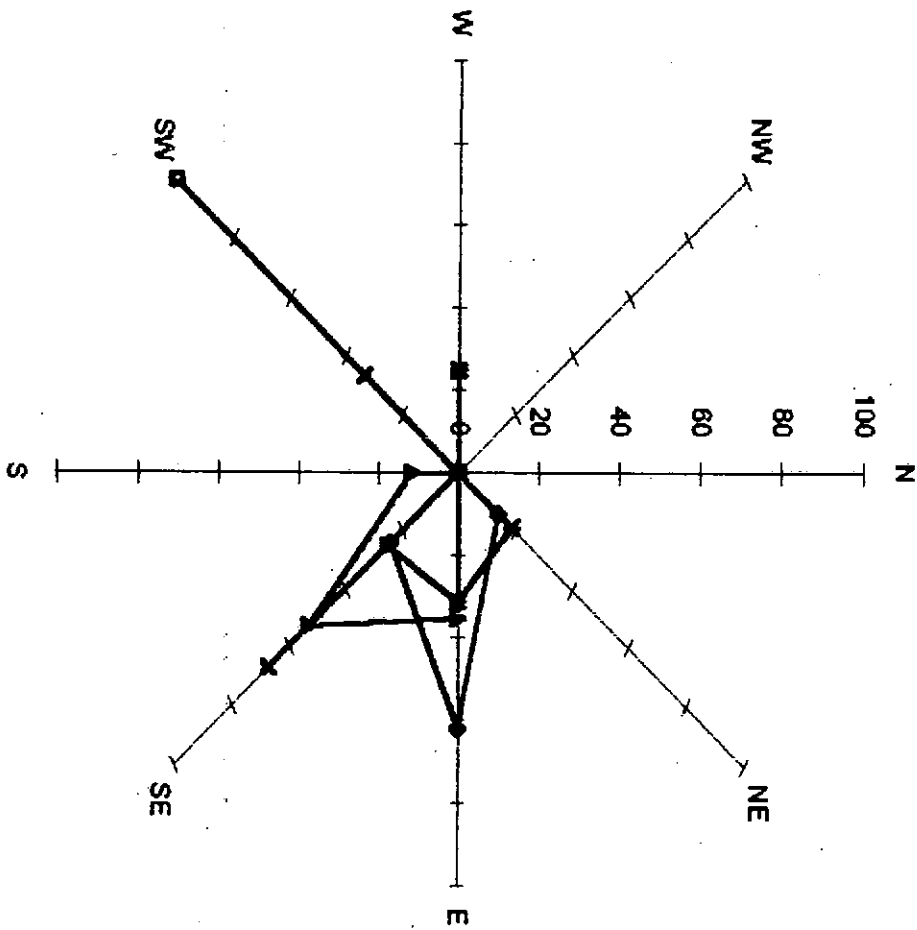
CA-
**GRAFICA No. VmMD-1 FRECUENCIA DE LA DIRECCION QUE ACOMPAÑA LA VELOCIDAD
 MAXIMA MES DE SEPTIEMBRE**



000134

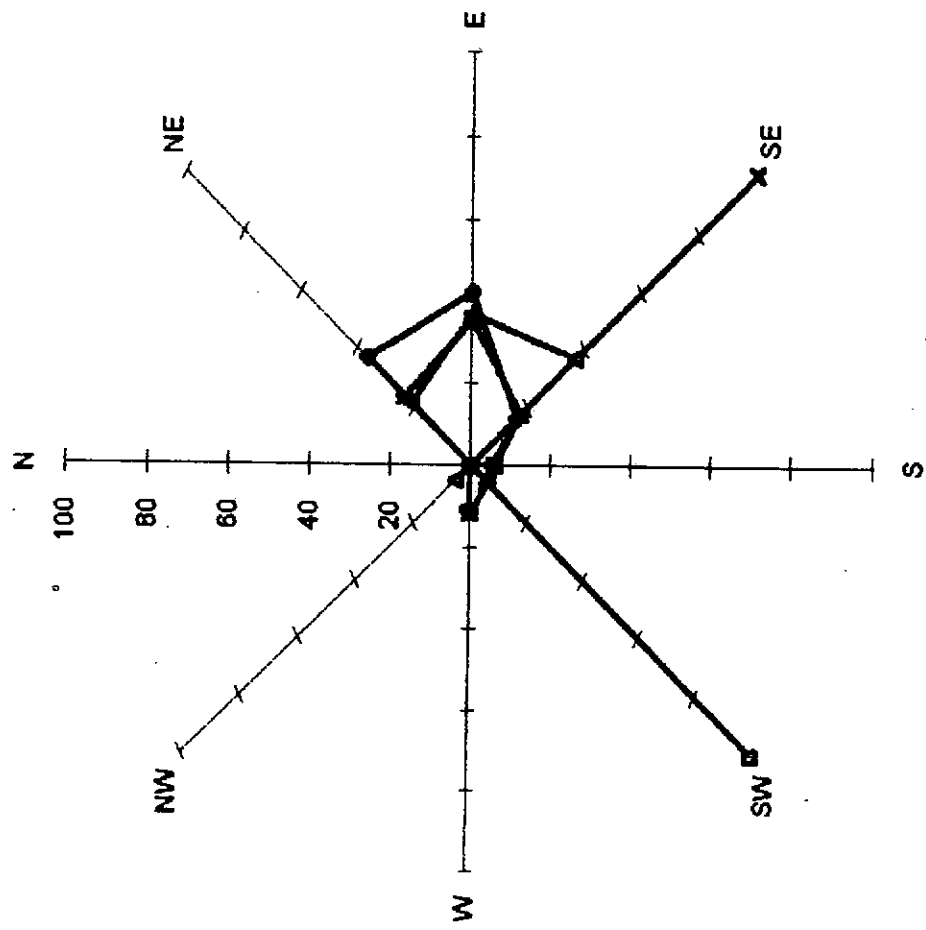
FRECUENCIA DE LA DIRECCION QUE ACOMPAÑA LA VELOCIDAD MAXIMA MES DE OTUBRE (%)

GRAFICA No. ^AVmmD-1 FRECUENCIA DE LA DIRECCION QUE ACOMPAÑA LA VELOCIDAD MAXIMA
MES DE AGOSTO



- GUAYMARRA
- ◻ LA MESA
- ▲ PRIMAVERA
- * VENECIA
- ◻ EL MUÑA

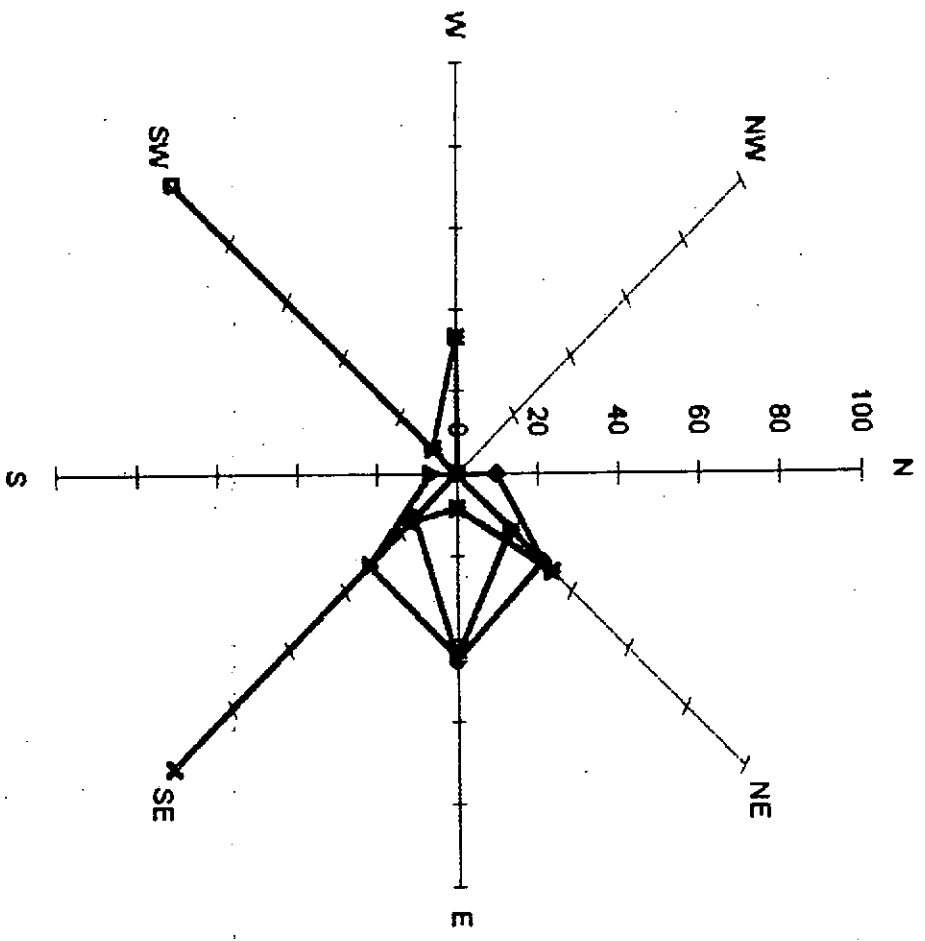
CA.
**GRAFICA No. VmMD-1 FRECUENCIA DE LA DIRECCION QUE ACOMPAÑA LA VELOCIDAD
 MAXIMA MES DE JULIO**



- GUAYMARAL
- LA MESA
- △ PRIMAVERA
- × VENECIA
- EL MUÑA

000136
 54

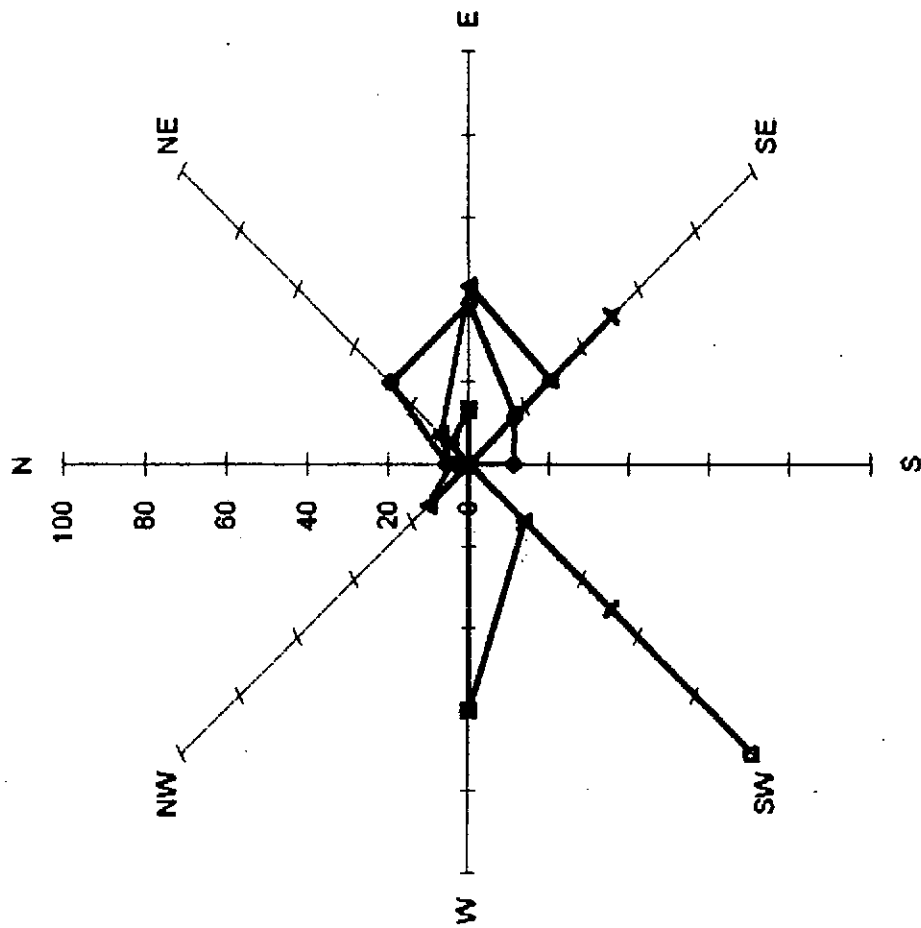
GRAFICA No. VmMD-1 FRECUENCIA DE LA DIRECCION QUE ACOMPAÑA LA VELOCIDAD
 MAXIMA MES DE JUNIO



- GUAYMAS
- LA MESA
- ▲— PRIMAV
- ◆— VENECIA
- ◆— EL MUÑ

FRECUENCIA SOBRE LA CARDINAL REGISTRADA

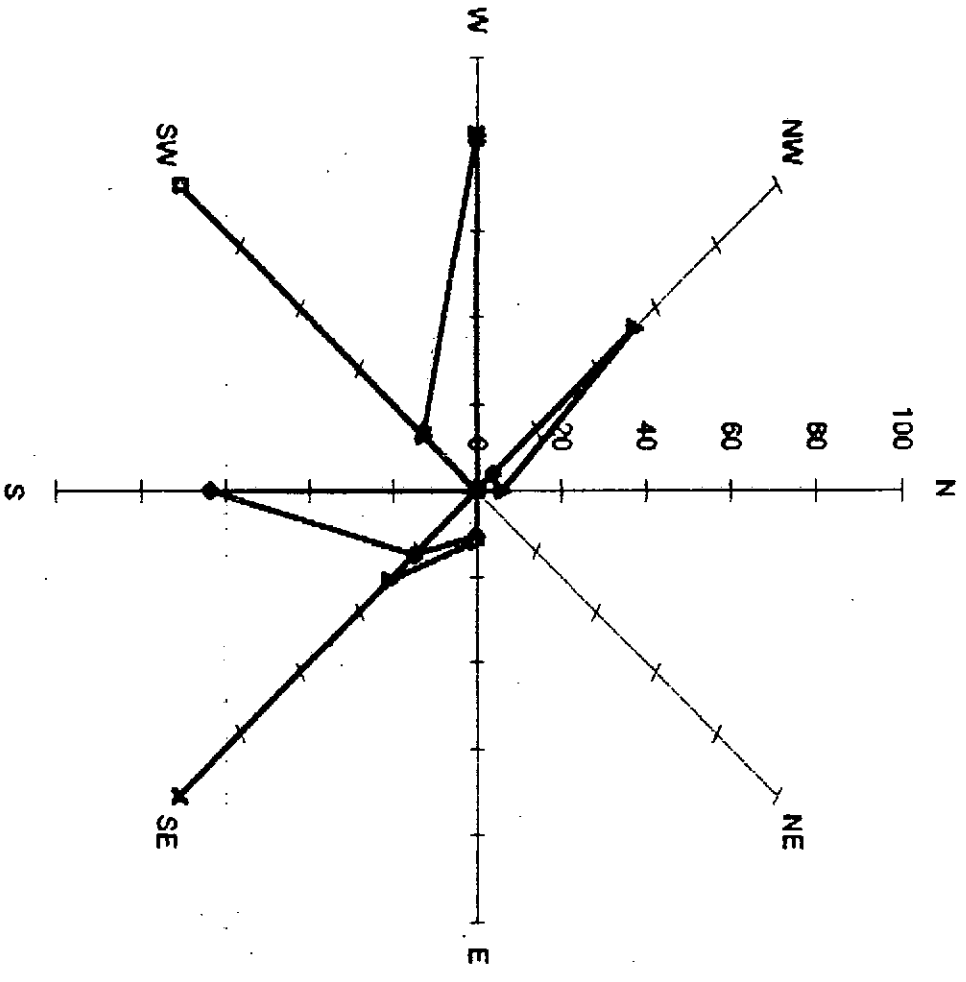
GRAFICA No. VmMD-1 FRECUENCIA DE LA DIRECCION QUE ACOMPAÑA A LA VELOCIDAD
 MAXIMA MES DE MAYO



000136

FRECUENCIA SOBRE LA CARDINAL REGISTRADA (%)

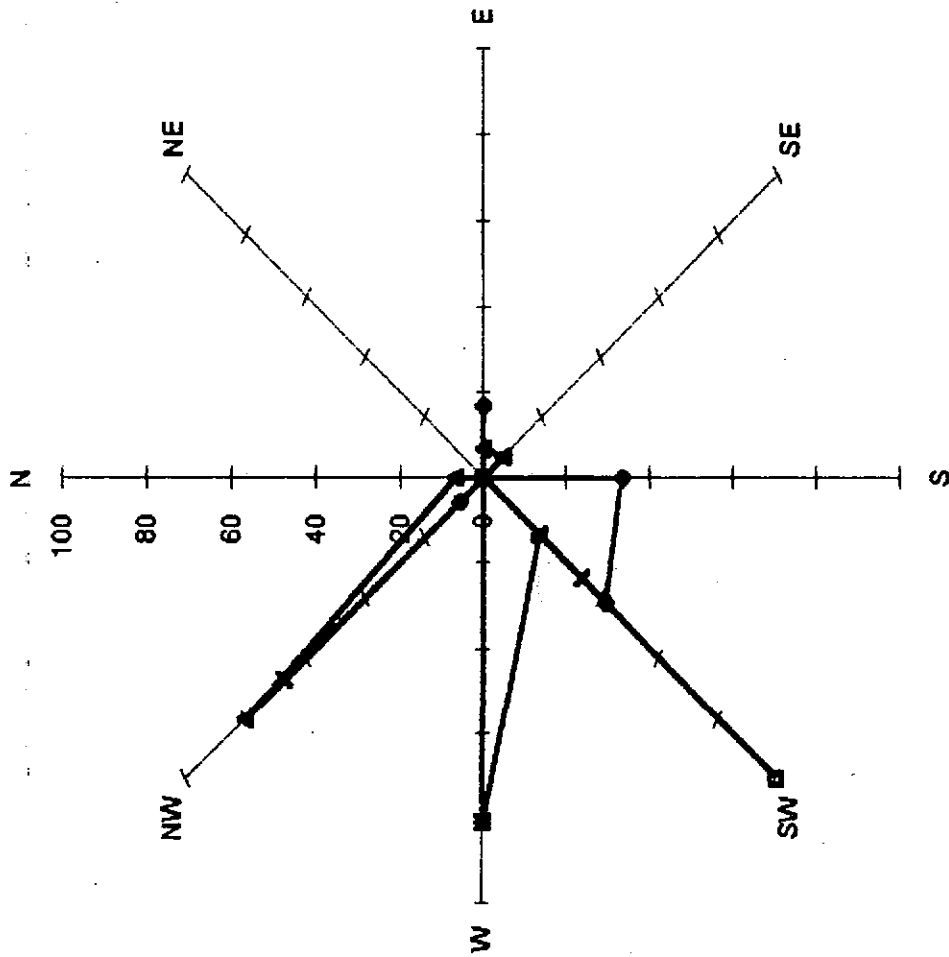
GRAFICA No. 10. (A) VMMD-1 FRECUENCIA DE LA DIRECCION QUE ACOMPAÑA LA VELOCIDAD
 MAXIMA MES DE ABRIL



- ◆ GUAYMARAL
- ◻ LA MESA
- ▲ PRIMAVERA
- VENECIA
- ★ EL MUÑA

FRECUENCIA SOBRE LA CARDINAL REGISTRADA (%)

CA.
**GRAFICA No. VmMD-1 FRECUENCIA DE LA DIRECCION QUE ACOMPAÑA LA VELOCIDAD
 MAXIMA MES MARZO**



- ◆ GUAYMARAL
- LA MESA
- △ PRIMAVERA
- × VENECIA
- EL MUÑA

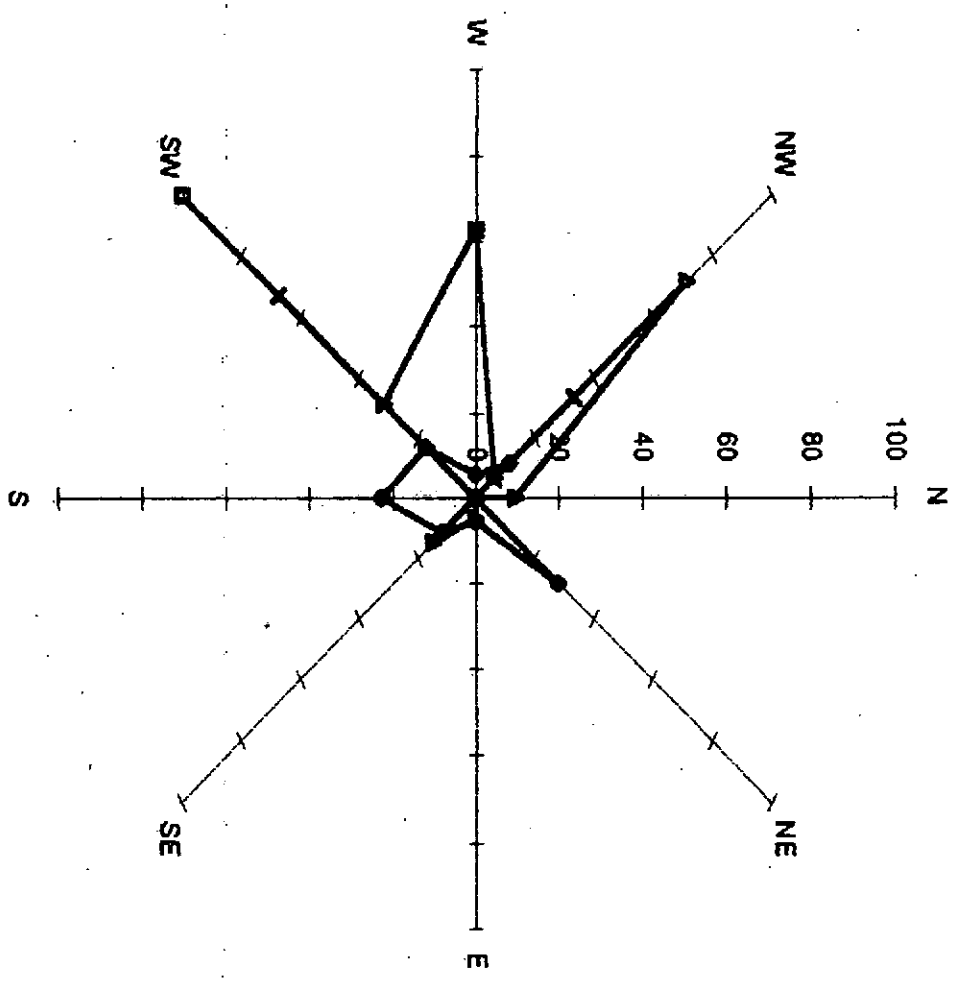
000137

70

FRECUENCIA SOBRE LA CARDINAL REGISTRADA (%)

75

GRAFICA No. ^(A) VmMD-1 FRECUENCIA DE LA DIRECCION QUE ACOMPAÑA LA VELOCIDAD
 MAXIMA MES DE FEBRERO



- GUAYMARAL
- ◻ LA MESA
- ▲ PRIMAVERA
- ◆ VENECIA
- EL MUÑA

CUADRO No. VmMD-1 VELOCIDAD MEDIA MAXIMA Y SU DIRECCION FRECUENTE

000138

RESUMEN FRECUENCIAS SEP (%)

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
ESTACIONES	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm
GUAYMARAL	0	40	20	32	8	0	0	0
LA MESA	0	0	0	0	0	100	0	0
PRIMAVERA	0	21,4	29	28,6	0	14,3	0	7,1
VENECIA	0	0	0	50	0	50	0	0
EL MUÑA	0	5,88	18	17,6	0	17,6	41	0

MAX
VmMx
10
5
10
15
9

RESUMEN FRECUENCIAS OCT (%)

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
ESTACIONES	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm
GUAYMARAL	0	13,3	47	13,3	0	20	6,7	0
LA MESA	0	0	0	0	0	100	0	0
PRIMAVERA	7,14	0	21	14,3	0	0	0	57
VENECIA	0	0	0	25	0	75	0	0
EL MUÑA	0	0	12	0	0	17,6	71	0

MAX
VmMx
9
8
10
10
12

RESUMEN FRECUENCIAS NOV (%)

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
ESTACIONES	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm
GUAYMARAL	5	20	5	15	40	15	0	0
LA MESA	0	0	0	0	0	100	0	0
PRIMAVERA	13,3	6,67	13	6,67	0	0	0	60
VENECIA	0	0	0	66,7	0	0	0	33
EL MUÑA	0	0	0	0	0	11,8	76	12

MAX
VmMx
10
7
10
10
13

RESUMEN FRECUENCIAS DIC (%)

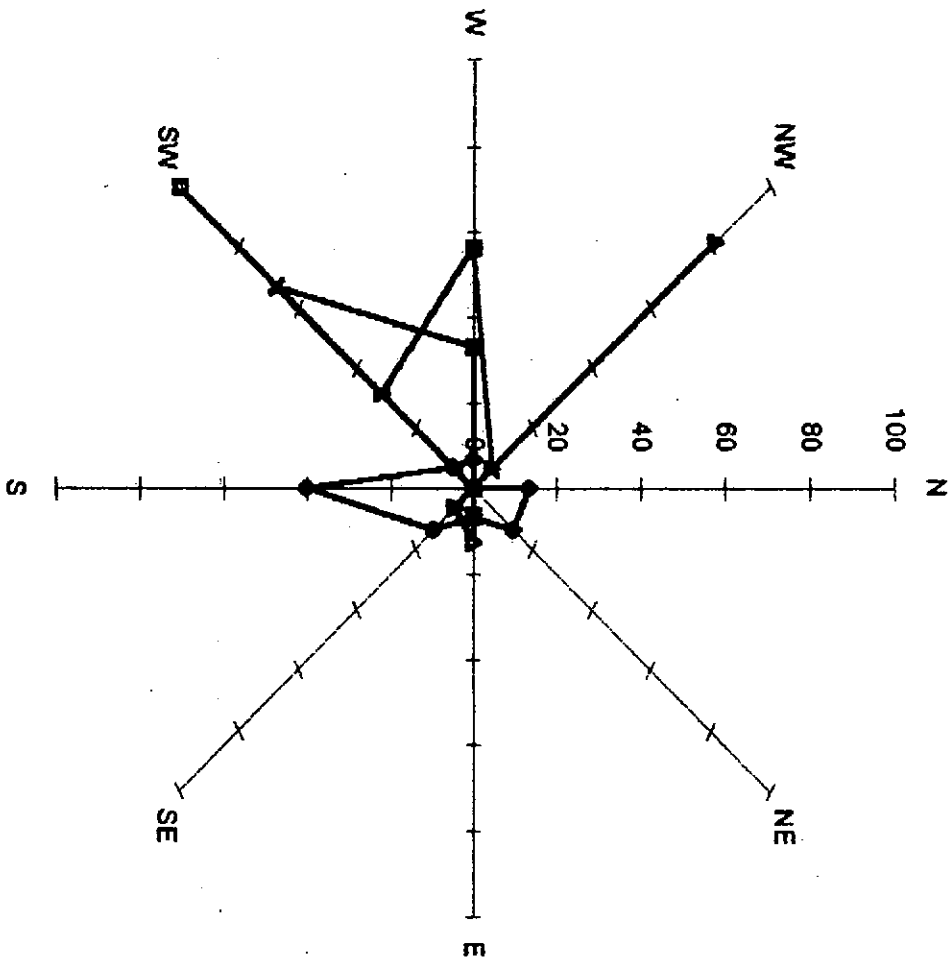
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
ESTACIONES	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm
GUAYMARAL	6,67	20	27	20	20	6,67	0	0
LA MESA	0	0	0	0	0	100	0	0
PRIMAVERA	0	12,5	19	18,8	0	0	0	50
VENECIA	0	0	0	33,3	0	33,3	0	33
EL MUÑA	0	0	7,1	0	0	14,3	71	7,1

MAX
VmMx
10
5
9
10
10

CONVENCIONES: DVmMx. DIRECCION MEDIA MAXIMA REGISTRADA - CASOS PRESENTADOS POR ESA CARDINAL.

VmMx: DIRECCION DE LA VELOCIDAD MEDIA MAXIMA ALCANZADA EN ESA CARDINAL.

GA-
**GRAFICA NO. VMMD-1 FRECUENCIA DE LA DIRECCION QUE ACOMPAÑA LA VELOCIDAD
 MAXIMA MES DE ENERO**



- ◆ GUAYMARAL
- ◻ LA MESA
- ▲ PRIMAVERA
- ✕ VENECIA
- EL MUÑA

CUADRO No. VmMD-1 VELOCIDAD MEDIA MAXIMA Y SU DIRECCION FRECUENTE

000139

RESUMEN FRECUENCIAS ENERO (%)

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
ESTACIONES	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm
GUAYMARAL	13,3	13,3	6,7	13,3	40	6,67	6,7	0
LA MESA	0	0	0	0	0	100	0	0
PRIMAVERA	0	0	13	6,25	0	0	0	81
VENECIA	0	0	0	0	0	66,7	33	0
EL MUÑA	0	0	6,3	0	0	31,3	56	6,3

MAX
15
7
13
8
9

RESUMEN FRECUENCIAS FEB (%)

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
ESTACIONES	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm
GUAYMARAL	0	27,8	5,6	11,1	22,2	16,7	5,6	11
LA MESA	0	0	0	0	0	100	0	0
PRIMAVERA	9,52	0	4,8	14,3	0	0	0	71
VENECIA	0	0	0	0	0	66,7	0	33
EL MUÑA	0	0	0	0	0	31,3	63	6,3

MAX
VmMx
18
5
11
8
10

RESUMEN FRECUENCIAS MAR (%)

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
ESTACIONES	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm
GUAYMARAL	0	0	17	0	33,3	41,7	0	8,3
LA MESA	0	0	0	0	0	100	0	0
PRIMAVERA	6,67	0	6,7	6,67	0	0	0	80
VENECIA	0	0	0	0	0	33,3	0	67
EL MUÑA	0	0	0	0	0	18,8	81	0

MAX
VmMx
10
4
15
10
9

RESUMEN FRECUENCIAS ABR (%)

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
ESTACIONES	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm
GUAYMARAL	0	0	11	21,1	63,2	0	0	5,3
LA MESA	0	0	0	0	0	100	0	0
PRIMAVERA	5,88	0	12	29,4	0	0	0	53
VENECIA	0	0	0	100	0	0	0	0
EL MUÑA	0	0	0	0	0	17,6	82	0

MAX
VmMx
9
5
10
10
14

CONVENCIONES: DVmMX. DIRECCION MEDIA MAXIMA REGISTRADA - CASOS PRESENTADOS POR ESA CARDINAL.

VmMx: DIRECCION DE LA VELOCIDAD MEDIA MAXIMA ALCANZADA EN ESA CARDINAL.

CUADRO No. VmMD-1 VELOCIDAD MEDIA MAXIMA Y SU DIRECCION FRECUENTE

RESUMEN FRECUENCIAS MAY (%)

EL MUÑA	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	MAX
ESTACIONES	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	VmMx
GUAYMARAL	5,56	27,8	39	16,7	11,1	0	0	0	10
LA MESA	0	0	0	0	0	100	0	0	5
PRIMAVERA	4,76	9,52	43	28,6	0	0	0	14	10
VENECIA	0	0	0	50	0	50	0	0	10
EL MUÑA	0	6,67	13	0	0	20	60	0	9

RESUMEN FRECUENCIAS JUN (%)

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	MAX
ESTACIONES	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	VmMx
GUAYMARAL	10	30	45	15	0	0	0	0	10
LA MESA	0	0	0	0	0	100	0	0	4
PRIMAVERA	0	18,8	44	31,3	6,25	0	0	0	10
VENECIA	0	0	0	100	0	0	0	0	10
EL MUÑA	0	33,3	8,3	16,7	0	8,33	33	0	9

RESUMEN FRECUENCIAS JUL (%)

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	MAX
ESTACIONES	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	VmMx
GUAYMARAL	0	36,8	42	15,8	5,26	0	0	0	10
LA MESA	0	0	0	0	0	100	0	0	4
PRIMAVERA	0	21,1	37	36,8	0	0	0	5,3	9
VENECIA	0	0	0	100	0	0	0	0	10
EL MUÑA	0	23,5	35	17,6	5,88	5,88	12	0	9

RESUMEN FRECUENCIAS AGI (%)

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	MAX
ESTACIONES	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	DVm	VmMx
GUAYMARAL	0	14,3	62	23,8	0	0	0	0	13
LA MESA	0	0	0	0	0	100	0	0	6
PRIMAVERA	0	0	35	52,9	11,8	0	0	0	10
VENECIA	0	0	0	66,7	0	33,3	0	0	15
EL MUÑA	0	18,8	31	25	0	0	25	0	8

CONVENCIONES: DVmMX. DIRECCION MEDIA MAXIMA REGISTRADA - CASOS PRESENTADOS POR ESA CARDINAL.

VmMx: DIRECCION DE LA VELOCIDAD MEDIA MAXIMA ALCANZADA EN ESA CARDINAL.

CUADRO No. VAND-1 VELOCIDAD MEDIA MAXIMA Y SU DIRECCION FRECUENTE

VALORES MULTIANUALES MES DE JULIO

	N		NE		E		SE		S		SW		V		NP		AÑOS Vmax
	Vmax	DVmax	Vmax	DVmax	Vmax	DVmax	Vmax	DVmax	Vmax	DVmax	Vmax	DVmax	Vmax	DVmax	Vmax	DVmax	
ESTACIONES																	
GUAYMARAL		7	8	10	3	10			1	10							19
LA MESA										2	3.5						2
PRIMAVERA		4	8	7	9	7	8								1	8	19
VENECIA		4	8	6	9	3	9		1	8							3
EL NOYA														2	8		17

VALORES MULTIANUALES MES DE AGOSTO

	N		NE		E		SE		S		SW		V		NP		AÑOS Vmax
	Vmax	DVmax	Vmax	DVmax	Vmax	DVmax	Vmax	DVmax	Vmax	DVmax	Vmax	DVmax	Vmax	DVmax	Vmax	DVmax	
ESTACIONES																	
GUAYMARAL		3	8	13	5	10											21
LA MESA										2	6						2
PRIMAVERA				6	9	9	10		2	10							17
VENECIA					2	15				1	9						3
EL NOYA		3	7	5	7	4	8							4	8		16

VALORES MULTIANUALES MES DE SEPTIEMBRE

	N		NE		E		SE		S		SW		V		NP		AÑOS Vmax
	Vmax	DVmax	Vmax	DVmax	Vmax	DVmax	Vmax	DVmax	Vmax	DVmax	Vmax	DVmax	Vmax	DVmax	Vmax	DVmax	
ESTACIONES																	
GUAYMARAL		10	4	5	9	8	10		2	8							25
LA MESA											3	5					3
PRIMAVERA		3	8	4	10	4	9				2	7			1	2	14
VENECIA					1	15					1	10					2
EL NOYA		1	6	3	8	3	8				3	6		7	9		17

CONVENCIONES: DVmax: DIRECCION MEDIA MAXIMA REGISTRADA - CASOS PRESENTADOS POR ESA CARDINAL.
Vmax: DIRECCION DE LA VELOCIDAD MEDIA MAXIMA ALCANZADA EN ESA CARDINAL.

000140

CUADRO No. VmD-1 VELOCIDAD MEDIA MAXIMA Y SU DIRECCION FRECUENTE

VALORES MULTIANDIALES MES DE OCTUBRE

	N		NE		E		SE		S		SV		V		NW		AÑOS
	VmDx	VmDx	VmDx	VmDx	VmDx	VmDx	VmDx	VmDx	VmDx	VmDx	DVmDx	DVmDx	VmDx	DVmDx	VmDx	DVmDx	
ESTACIONES																	
GUAYMARAL	1	2	6	7	9	8					3	8	1	8			15
LA MESA											3	8					3
PRIMAVERA	1			3	10	6									8	10	14
VENEZIA						1	10				3	7					4
EL MUÑA				2	6						3	8	12	9			17

VALORES MULTIANDIALES MES DE NOVIEMBRE

	N		NE		E		SE		S		SV		V		NW		AÑOS
	VmDx	VmDx	VmDx	VmDx	VmDx	VmDx	VmDx	VmDx	VmDx	VmDx	DVmDx	DVmDx	VmDx	DVmDx	VmDx	DVmDx	
ESTACIONES																	
GUAYMARAL	1	6	4	10	8	3	9		8		3	8					20
LA MESA											3	7					3
PRIMAVERA	2	8	1	8	2	8	7								9	10	15
VENEZIA						2	10								1	7	3
EL MUÑA											2	7	13	8	2	6	17

VALORES MULTIANDIALES MES DE DICIEMBRE

	N		NE		E		SE		S		SV		V		NW		AÑOS
	VmDx	VmDx	VmDx	VmDx	VmDx	VmDx	VmDx	VmDx	VmDx	VmDx	DVmDx	DVmDx	VmDx	DVmDx	VmDx	DVmDx	
ESTACIONES																	
GUAYMARAL	1	7	3	8	4	10	3	7	9	1	4						15
LA MESA											3	5					3
PRIMAVERA			2	6	3	9	3	7							8	10	16
VENEZIA						1	10				1	8			1	7	3
EL MUÑA					1	8					2	6	10	9	1	6	14

CONVENCIONES: DVmDx. DIRECCION MEDIA MAXIMA REGISTRADA - CASOS PRESENTADOS POR ESA CARDINAL.
VmDx: DIRECCION DE LA VELOCIDAD MEDIA MAXIMA ALCANZADA EN ESA CARDINAL.

CUADRO No. VMD-1 VELOCIDAD MEDIA MAXIMA Y SU DIRECCION FRECUENTE

VALORES MULTIANUALES MES DE ENERO

ESTACIONES	N		NE		E		SE		S		SU		V		NV		AÑOS
	VmKz	DVmKz	VmKz	DVmKz	VmKz	DVmKz	VmKz	DVmKz	VmKz	DVmKz	VmKz	DVmKz	VmKz	DVmKz	VmKz	DVmKz	
GUAYARAL	2	9	2	9	1	10	2	10	6	14	1	9	1	10			15
LA MESA											2	7					2
PRIMAVERA					2	10	1	8							13	9	16
VENECIA											2	8	1	4			3
EL MORÁ					1	8					5	9	9	7	1	6	16

VALORES MULTIANUALES MES DE FEBRERO

ESTACIONES	N		NE		E		SE		S		SU		V		NV		AÑOS
	VmKz	DVmKz	VmKz	DVmKz	VmKz	DVmKz	VmKz	DVmKz	VmKz	DVmKz	VmKz	DVmKz	VmKz	DVmKz	VmKz	DVmKz	
GUAYARAL			5	9	1	6	2	8	4	10	3	10	1	9	2	8	18
LA MESA											2	4.5					2
PRIMAVERA	2	8			1	8	3	7							15	11	21
VENECIA											2	7			1	8	3
EL MORÁ											5	8	10	8	1	6	16

VALORES MULTIANUALES MES DE MARZO

ESTACIONES	N		NE		E		SE		S		SU		V		NV		AÑOS
	VmKz	DVmKz	VmKz	DVmKz	VmKz	DVmKz	VmKz	DVmKz	VmKz	DVmKz	VmKz	DVmKz	VmKz	DVmKz	VmKz	DVmKz	
GUAYARAL					2	10			4	8	5	10			1	6	12
LA MESA											2	4					2
PRIMAVERA	1	10			1	15	1	7							12	4	15
VENECIA											1	7			2	10	3
EL MORÁ											3	7	13	9	1	6	16

CONVENCIONES: DVmKz: DIRECCION MEDIA MAXIMA REGISTRADA - CASOS PRESENTADOS POR ESA CARDINAL.
VmKz: DIRECCION DE LA VELOCIDAD MEDIA MAXIMA ALCANZADA EN ESA CARDINAL.

000147

CUADRO No. V-40-1 VELOCIDAD MEDIA MAXIMA Y SU DIRECCION FRECUENTE

VALORES MULTIANUALES MES DE ABRIL

ESTACIONES	N	RE		E		SE		S		SV		V		HP		AÑOS
		VmKx	DVmKx	VmKx	DVmKx	VmKx	DVmKx	VmKx	DVmKx	VmKx	DVmKx	VmKx	DVmKx	VmKx	DVmKx	
GUAYMARAL	1	6	5	7	10	3	10	2	8	2	4.5			1	9	19
LA MESA	1	4	2	7	9	6	9							9	10	2
PRIMAVERA	1	8				1	10									17
VENECIA																1
EL MORÁ										3	6	14	9			17

VALORES MULTIANUALES MES DE MAYO

ESTACIONES	N	RE		E		SE		S		SP		V		HP		AÑOS
		VmKx	DVmKx	VmKx	DVmKx	VmKx	DVmKx	VmKx	DVmKx	VmKx	DVmKx	VmKx	DVmKx	VmKx	DVmKx	
GUAYMARAL	1	6	5	7	10	3	10	2	8	2	4.5					18
LA MESA	1	4	2	7	9	6	9							3	8	21
PRIMAVERA																4
VENECIA										2	8					4
EL MORÁ										3	7	9	8			15

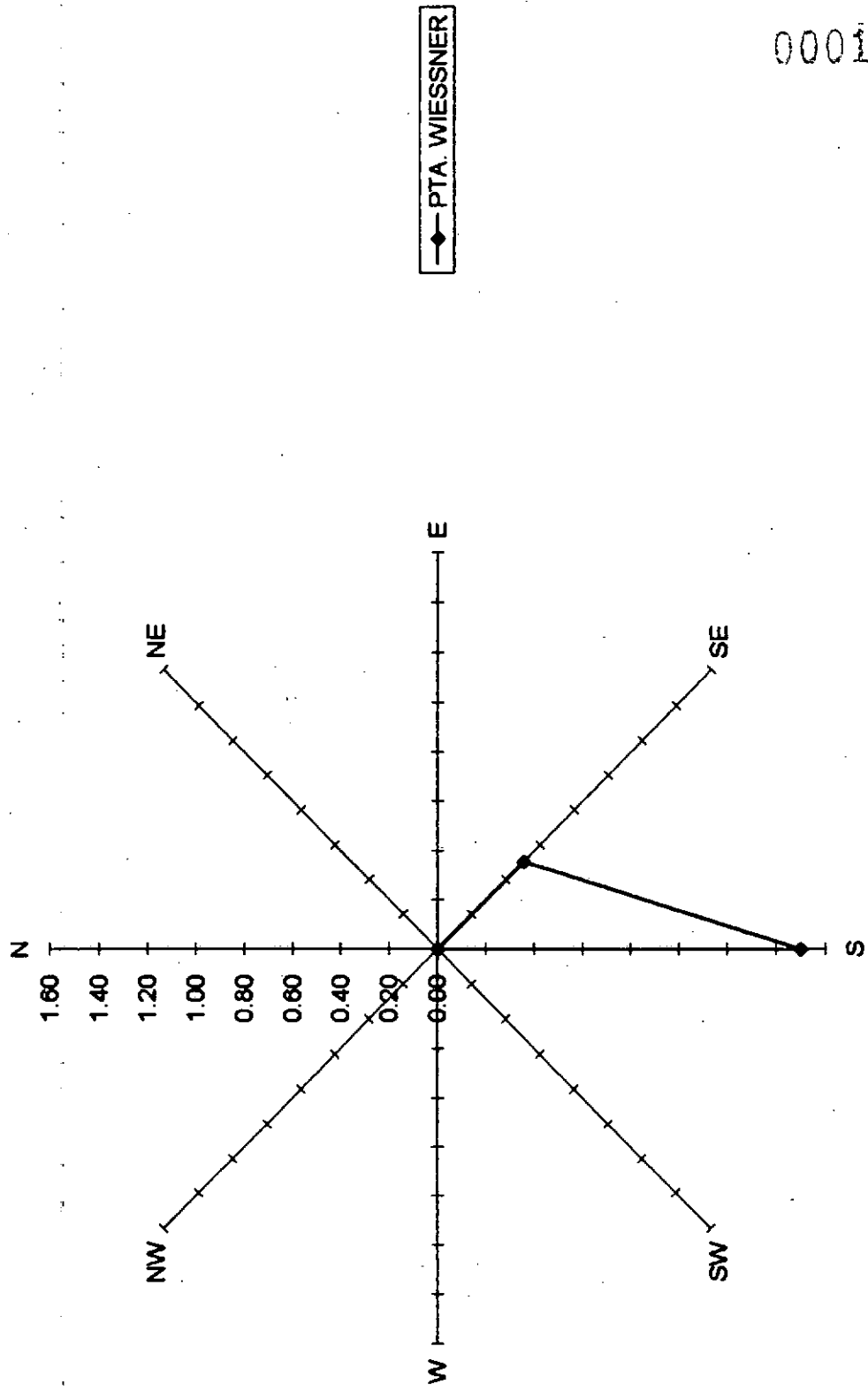
VALORES MULTIANUALES MES DE JUNIO

ESTACIONES	N	RE		E		SE		S		SP		V		HP		AÑOS
		VmKx	DVmKx	VmKx	DVmKx	VmKx	DVmKx	VmKx	DVmKx	VmKx	DVmKx	VmKx	DVmKx	VmKx	DVmKx	
GUAYMARAL	2	9	6	10	9	3	10									20
LA MESA										2	3.5					2
PRIMAVERA								1	6							16
VENECIA																3
EL MORÁ										1	6	4	9			12

CONVENCIONES: DVmKx. DIRECCION MEDIA MAXIMA REGISTRADA - CASOS PRESENTADOS POR ESA CARDINAL.

VmKx: DIRECCION DE LA VELOCIDAD MEDIA MAXIMA ALCANZADA EN ESA CARDINAL.

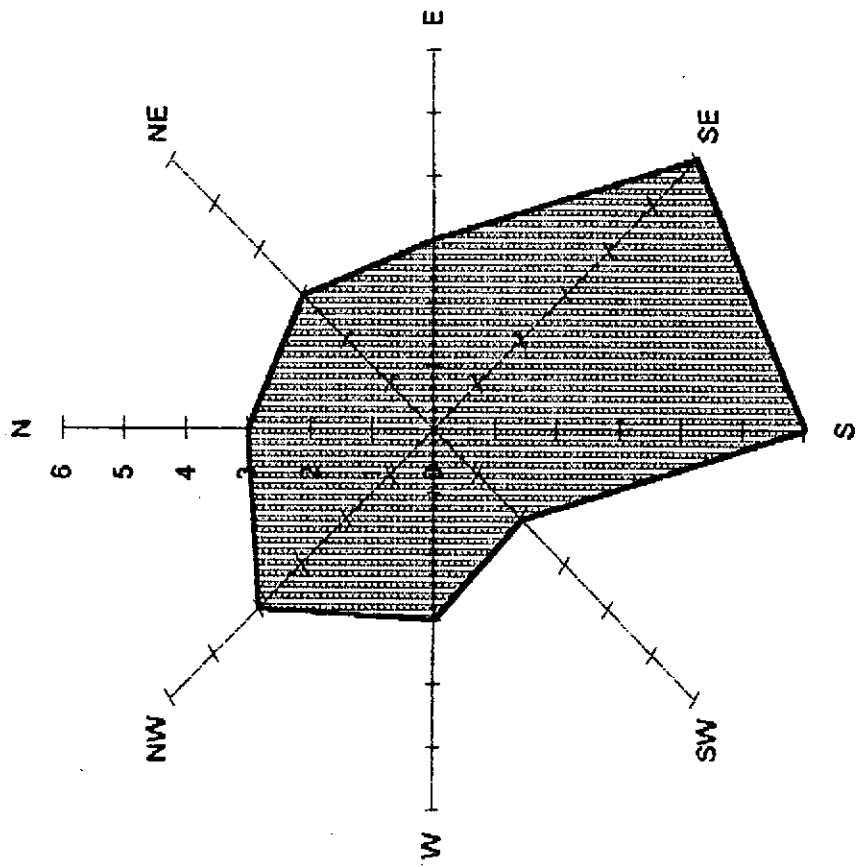
VIENTOS DIRECCION DOMINANTE ESTACION PLANTA WIESSNER



000142

16

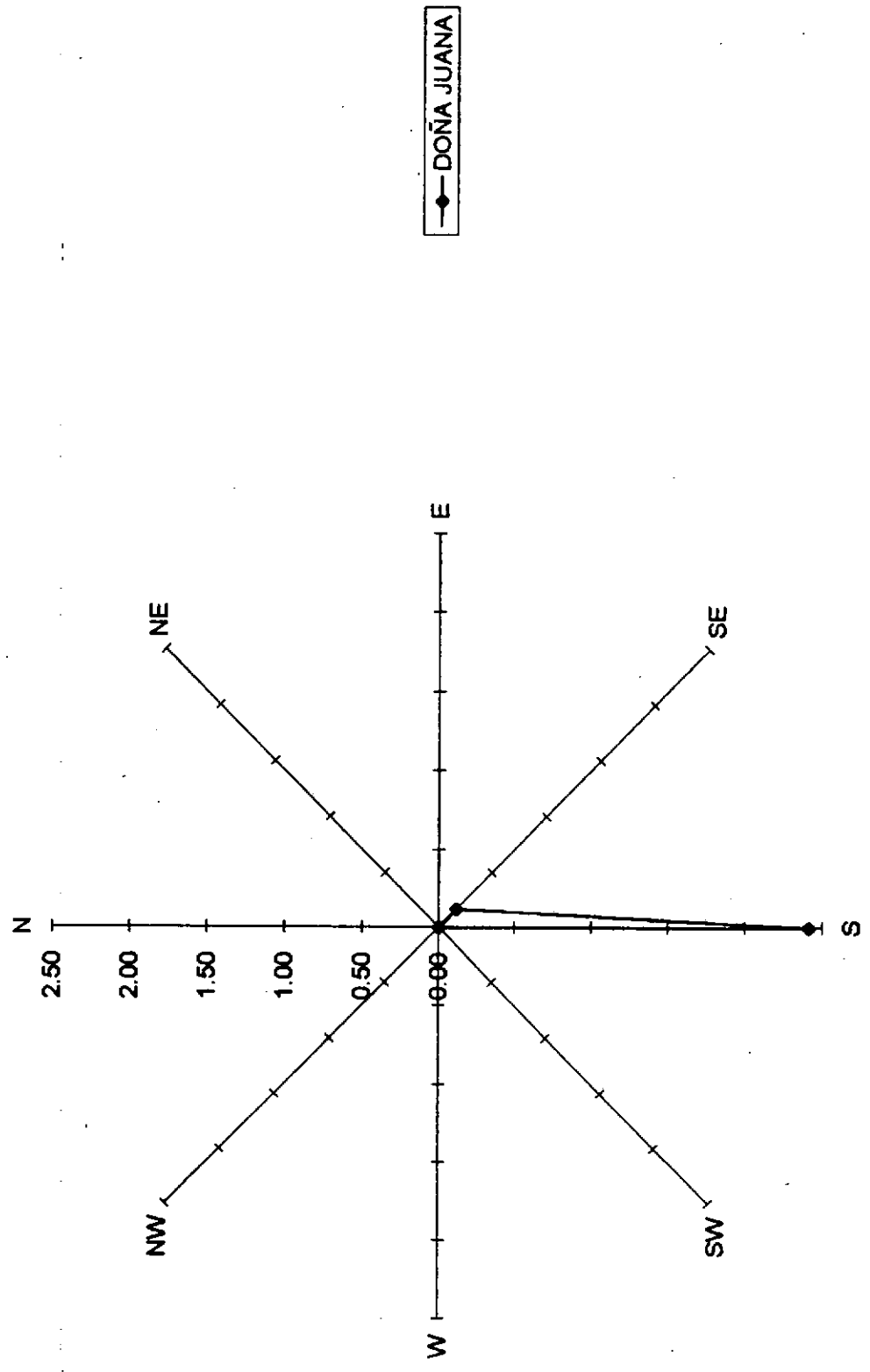
GRAFICA No.CA-RF-1 ROSA FINAL
FRECUENCIA DIRECCION DOMINANTE CUENCA ALTA RIO BOGOTA



166
FRECUENCIA. AQUELLA CUYO EVENTO ESTUVO MAS PRESENTE.

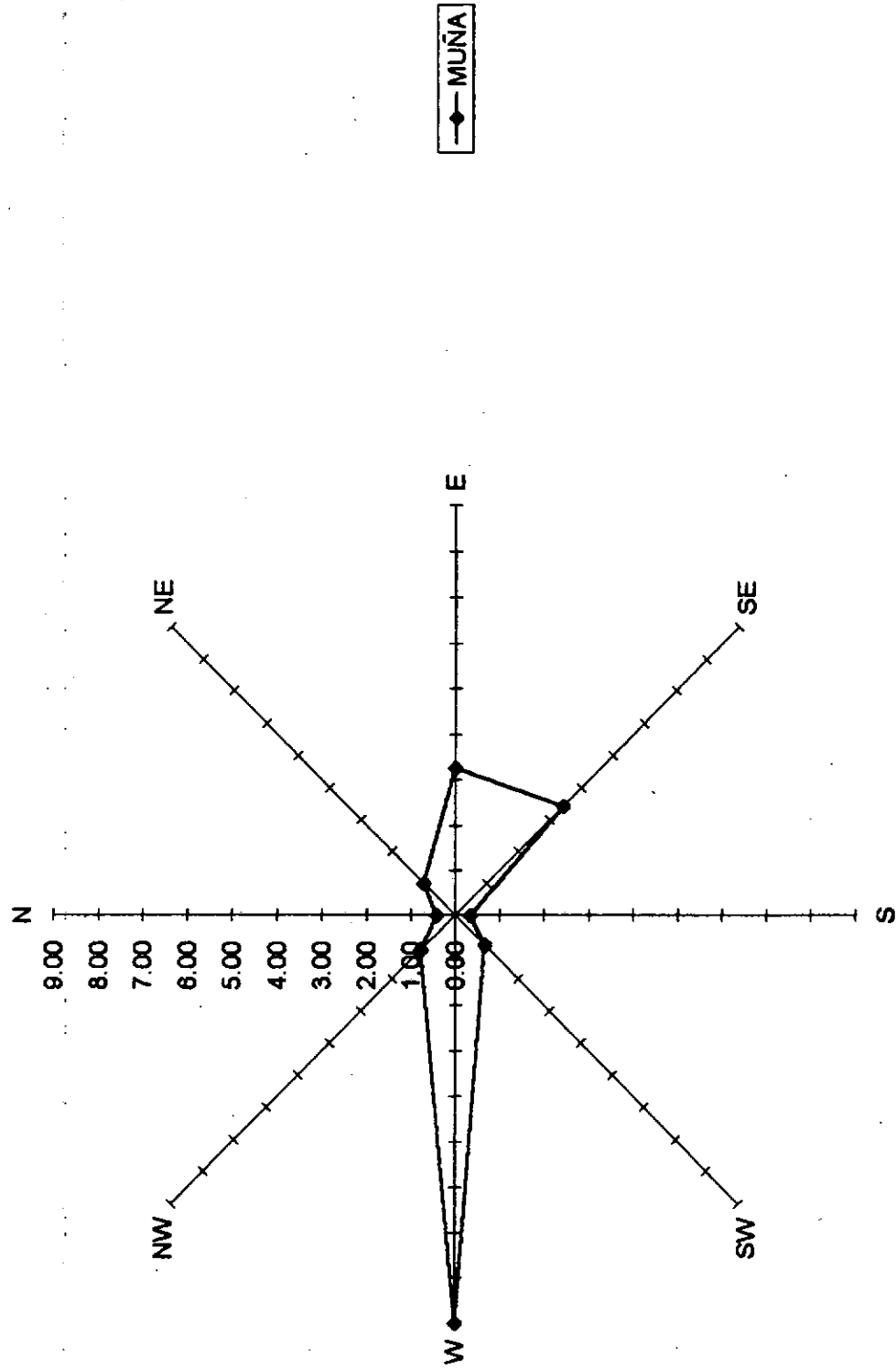
000143

VIENTOS DIRECCION DOMINANTE ESTACION DOÑA JUANA



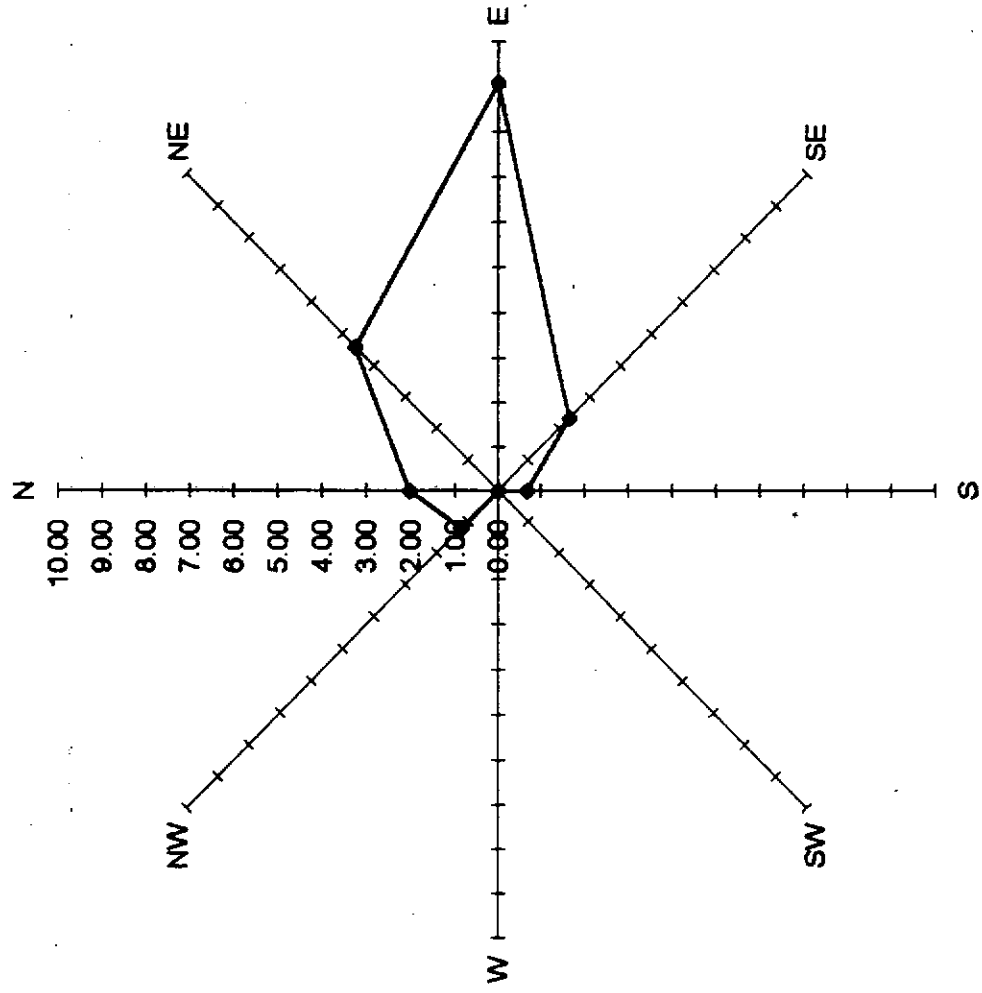
FRECUENCIA PRESENTADA EN LA ESTACION A NIVEL MULTIANUAL.

VIENTOS DIRECCION DOMINANTE ESTACION REPRESA DEL MUÑA



FRECUENCIA PRESENTADA EN LA ESTACION A NIVEL MULTIANUAL.

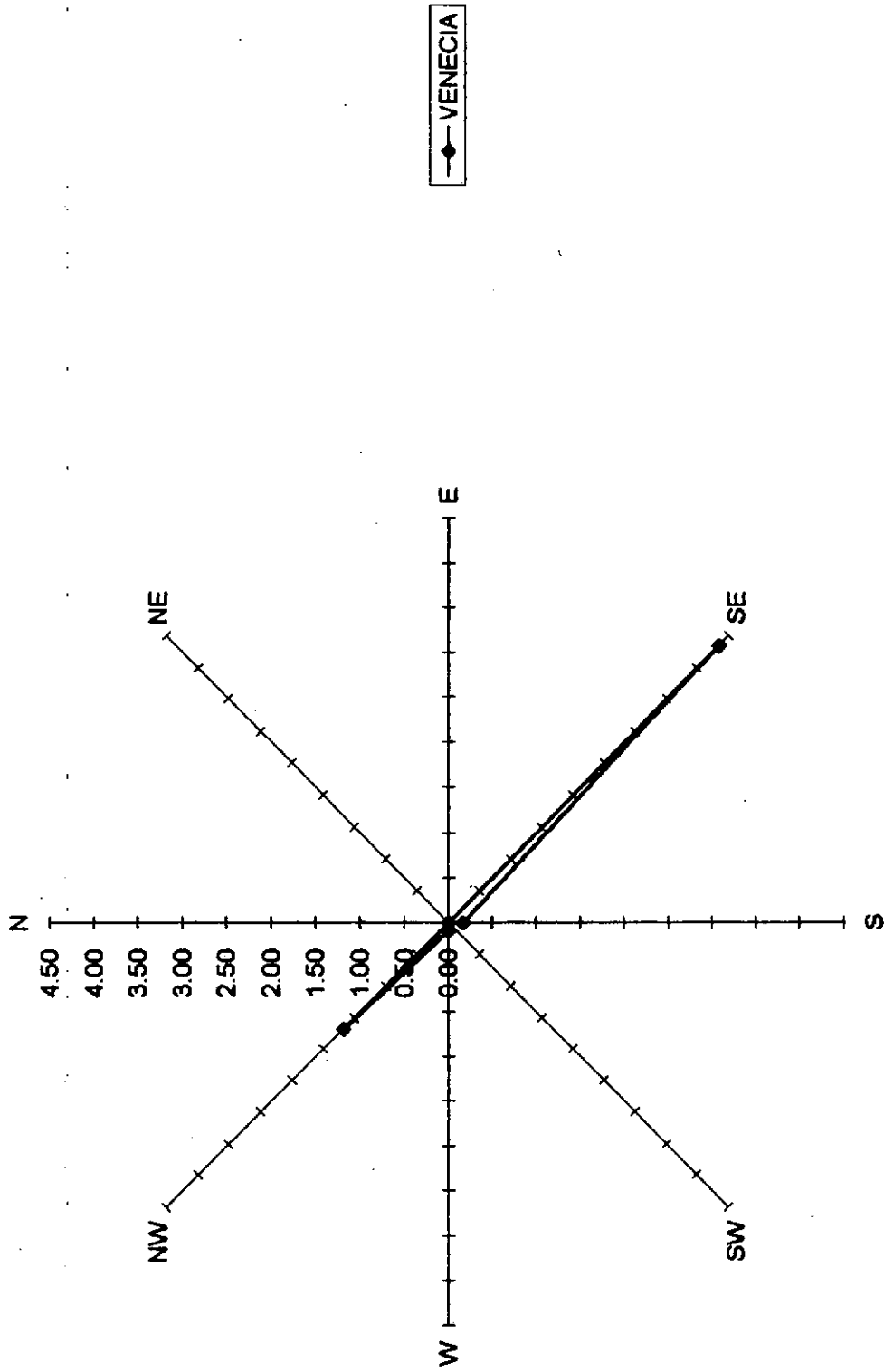
VIENTOS DIRECCION DOMINANTE ESTACION LA PRIMAVERA



No
000144

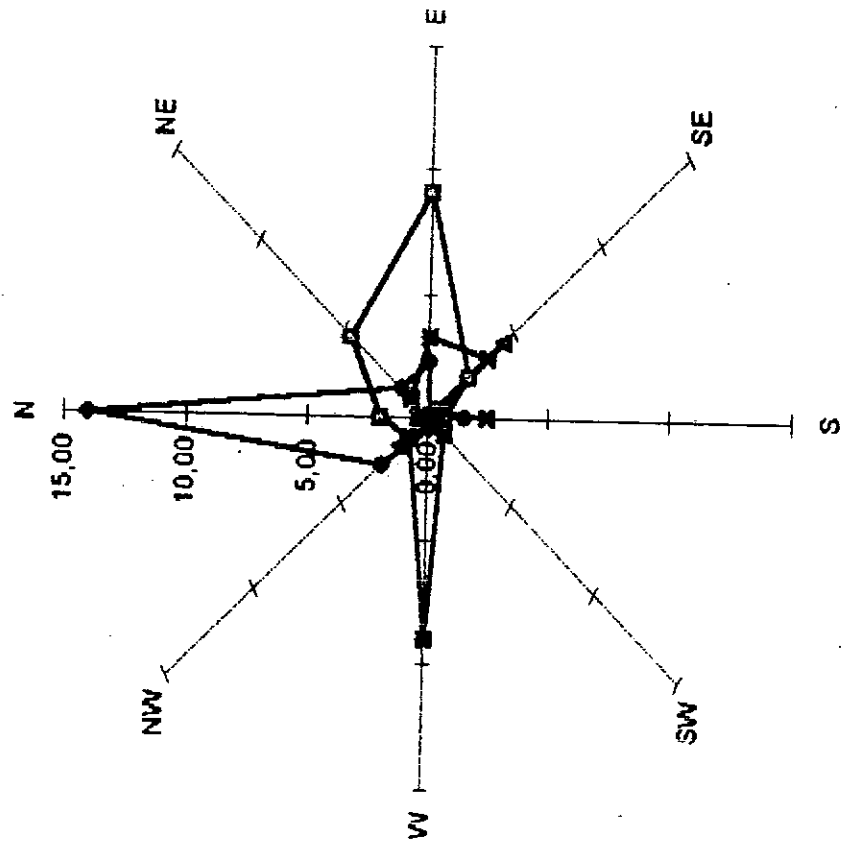
FRECUENCIA PRESENTADA EN AL ESTACION A NIVEL MULTIANUAL.

VIENTO DIRECCION DOMINANTE ESTACION VENEZIA



FRECUENCIA PRESENTADA EN LA ESTACION VENEZIA

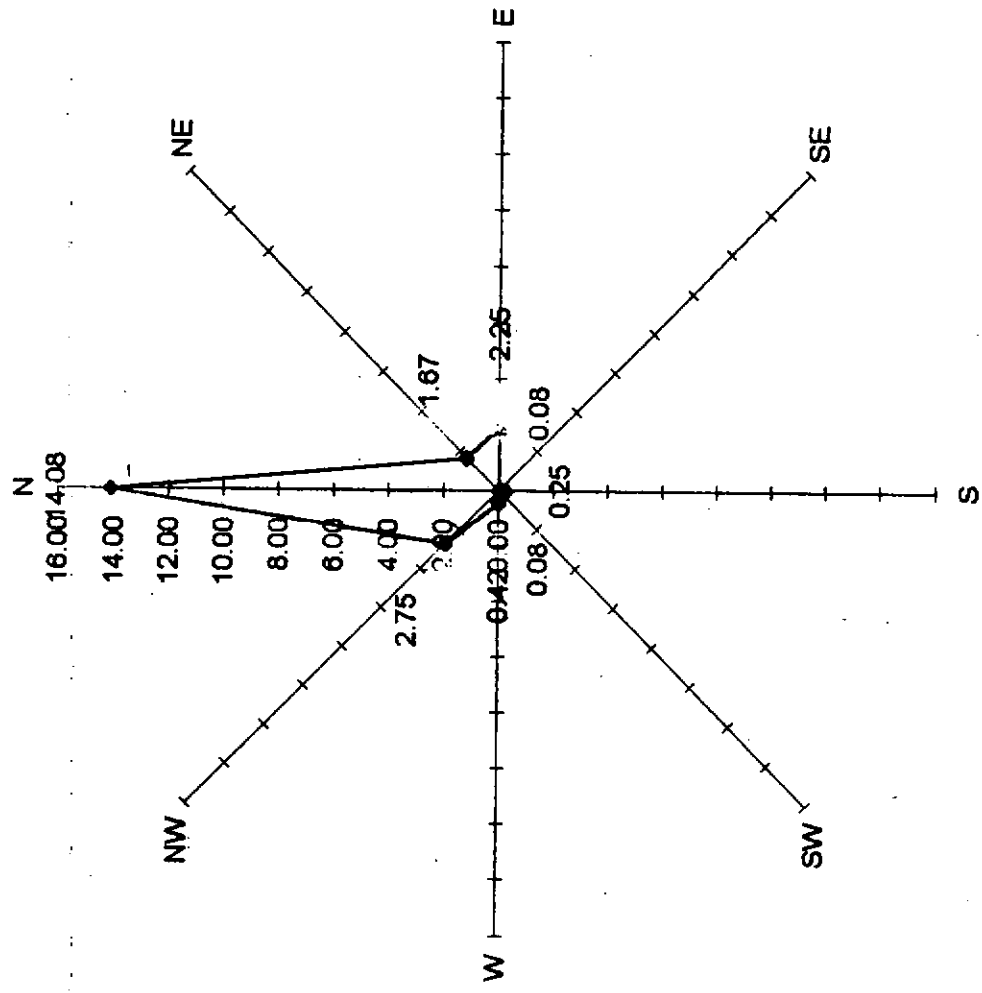
**GRAFICA No. CA-VDD-1A RESULTADO MENSUAL MULTIANUAL VIENTO DIRECCION
DOMINANTE CUENCA ALTA RIO BOGOTA**



- GUAYMARAL
- PRIMavera
- ▲ VENECIA
- ✕ DOÑA JUANA
- ◆ MUÑA
- ★ PTA. WIESSNER

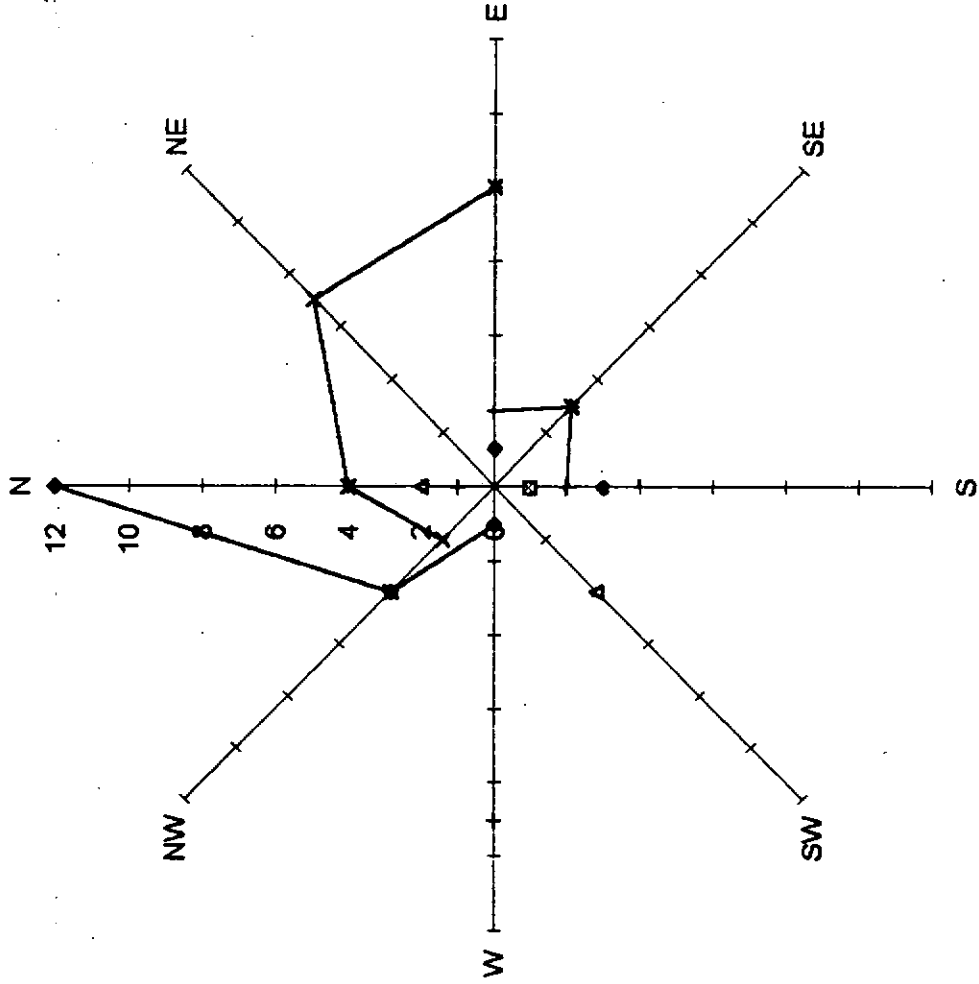
000145

VIENTOS DIRECCION DOMINANTE ESTACION GUAYMARAL



20

VIENTOS MULTIANUALES DIRECCION DOMINANTE MES DE DICIEMBRE



000146

28

CA-2000000-1

CUADRO No. 4863 RESUMEN VIENTOS DIRECCION DOMINANTE MEDIA MENSUAL MULTIANUAL CUENCA ALTA RIO BOGOTA

RESUMEN MULTIANUAL *

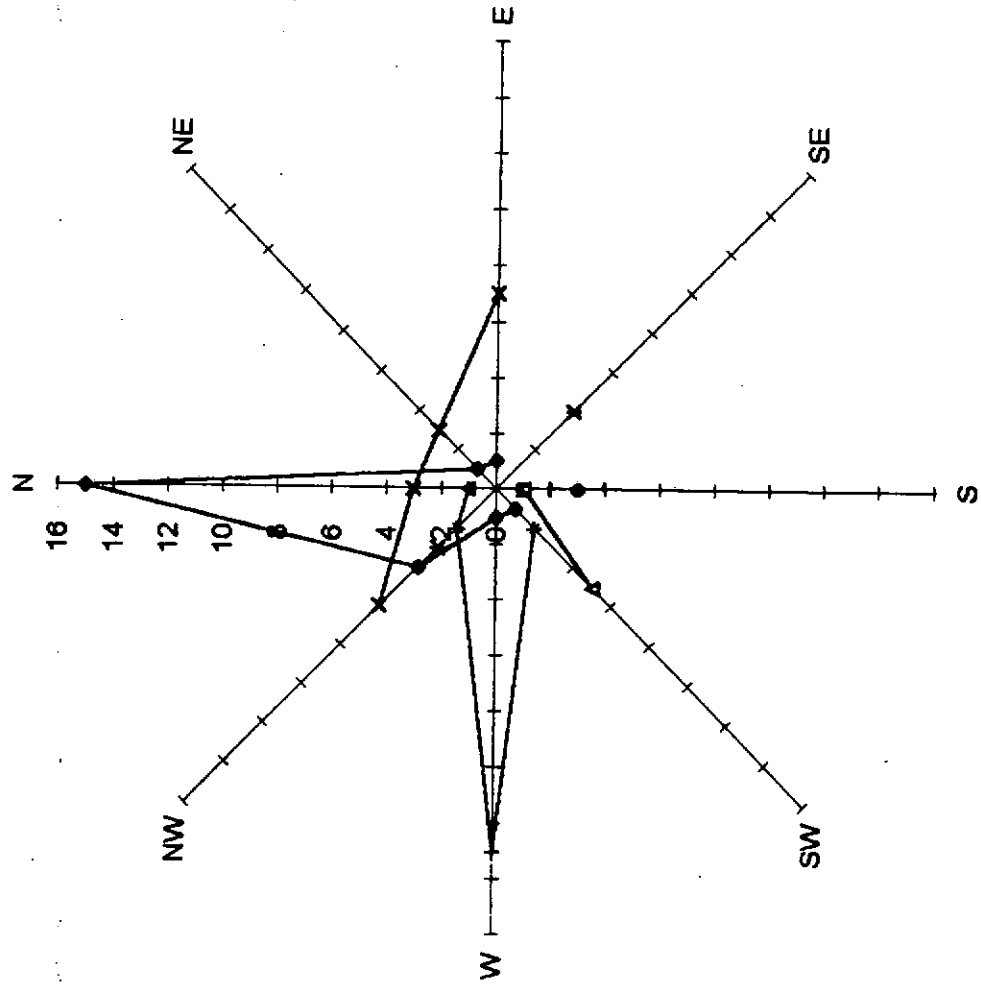
ESTACION	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTA
GUAYMARAL	14.08	1.067	2.25	0.083	0.25	0.083	0.417	2.75	21.58
MESITAS	0	0	0.167	0.667	0.167	0	0	0	1
LA MESA	2.583	0	0	0	1	2.833	0.083	0	6.5
PRIMAVERA	2	4.583	9.083	2.333	0.667	0	0	1.167	19.83
VENECIA	0	0	0	4.333	0.167	0	0.083	1.667	6.25
DOÑA JUANA	0	0	0	0.167	2.417	0	0	0	2.583
MUÑA	0.417	1	3.25	3.417	0.333	0.917	0	1.083	19.42
SAMPER MADRID	0.167	0	0	0.25	3.083	0.167	0	0.083	3.75
PLANTA WIESNER	0	0	0	0.5	1.5	0	0	0	2
No. CASOS ANUALES	19.25	7.25	14.75	11.75	9.583	4	9.583	6.75	82.92
% SOBRE LOS CASOS	23.77	8.951	18.21	14.51	11.83	4.938	11.83	8.333	102.4

CA-2000000-2
CUADRO No. 4864 RESUMEN VIENTOS FRECUENCIA MEDIA MENSUAL MULTIANUAL CUENCA ALTA RIO BOGOTA

RESUMEN FRECUENCIA

ESTACION	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	MAX
GUAYMARAL	64.02	7.576	10.23	0.379	1.136	0.379	1.894	12.5	64.02
MESITAS	0	0	16.67	66.67	16.67	0	0	0	66.67
LA MESA	28.7	0	0	0	11.11	31.48	0.926	0	31.48
PRIMAVERA	11.76	26.96	53.43	13.73	3.922	0	0	6.863	53.43
VENECIA	0	0	0	72.22	2.778	0	1.389	27.78	72.22
DOÑA JUANA	0	0	0	8.333	120.8	0	0	0	120.8
MUÑA	2.193	5.263	17.11	17.98	1.754	4.825	47.37	5.702	47.37
SAMPER MADRID	5.566	0	0	8.333	102.6	5.566	0	2.778	102.6
PLANTA WIESNER	0	0	0	25	75	0	0	0	75
No. CASOS ANUALES	112.2	39.8	97.43	212.6	336	42.24	51.58	55.62	947.5
% SOBRE LOS CASOS	12.47	4.422	10.83	23.63	37.33	4.693	5.731	6.18	105.3

VIENTOS MULTIANUALES DIRECCION DOMINANTE MES DE NOVIEMBRE



- GUAYMARAL
- MESITAS
- △— LA MESA
- ×— PRIMAVERA
- *— VENECIA
- DOÑA JUANA
- +— MUÑA
- — SAMPER MADRID
- — PLANTA WIESNER

000147

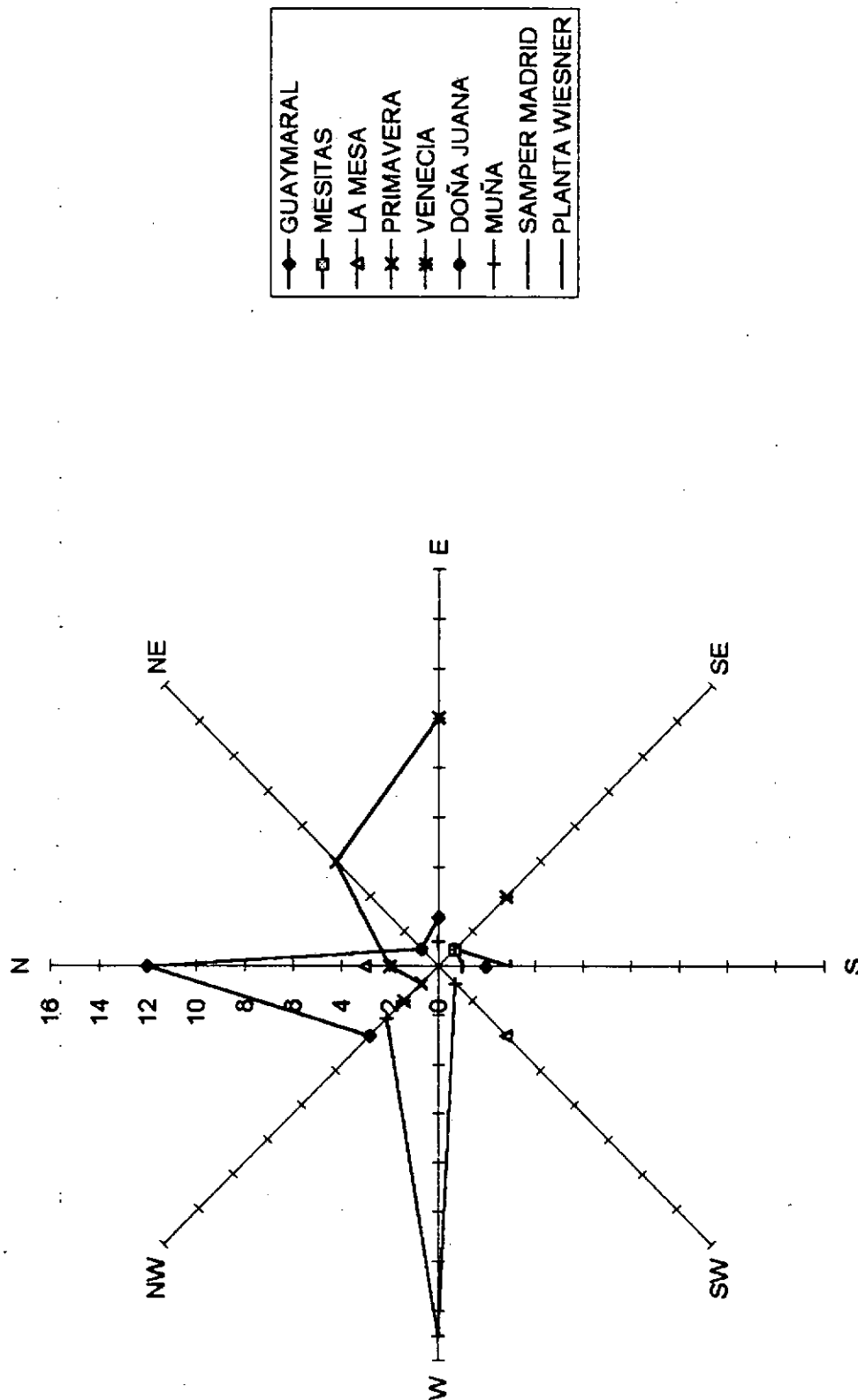
CUADRO No. VDD-1 VIENTOS DIRECCION DOMINANTE MEDIA MENSUAL MULTIANUAL
CUENCA ALTA RIO BOGOTA

ESTACION	DICIEMBRE											TOTAL
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW				
GUAYMARAL				1				1			4	18
MESITAS					1							1
LA MESA						4						6
PRIMAVERA			7	8						2		21
VENECIA					3					4		7
DOÑA JUANA									3			3
MUPA				2	3				2		9	17
SAMPER MADRID						4						4
PLANTA WIESNER						2						2
No. CASOS ANUALES	19	7	11	6	12	4	10	10	10	10	10	79
% SOBRE LOS CASOS	23.46	8.842	13.58	7.407	14.81	4.938	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	97.53

CUADRO VFDD-2 FRECUENCIA MEDIA DE LA DIRECCION DOMINANTE MENSUAL MULTIANUAL
CUENCA ALTA RIO BOGOTA

ESTACION	DICIEMBRE											MAX
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW				
GUAYMARAL	54.55	0	4.545	0	0	0	4.545	18.18	0	0	0	54.55
MESITAS	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	100
LA MESA	22.22	0	0	0	0	44.44	0	0	0	0	0	44.44
PRIMAVERA	23.53	41.18	47.06	0	0	0	0	0	0	11.76	0	47.06
VENECIA	0	0	0	50	0	0	0	0	0	66.67	0	66.67
DOÑA JUANA	0	0	0	0	150	0	0	0	0	0	0	150
MUPA	5.263	0	10.53	15.79	10.53	0	47.37	0	0	0	0	47.37
SAMPER MADRID	0	0	0	0	133.3	0	0	0	0	0	0	133.3
PLANTA WIESNER	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	100
No. CASOS ANUALES	105.6	41.18	62.13	65.79	493.9	44.44	51.91	96.61	96.61	96.61	96.61	961.5
% SOBRE LOS CASOS	11.73	4.975	6.903	7.31	54.87	4.938	5.768	10.73	10.73	10.73	10.73	106.8

VIENTOS MULTIANUALES DIRECCION DOMINANTE MES DE OCTUBRE



000148

76

FRECUENCIA PRESENTADA A NIVEL MULTIANUAL EN CADA MES.

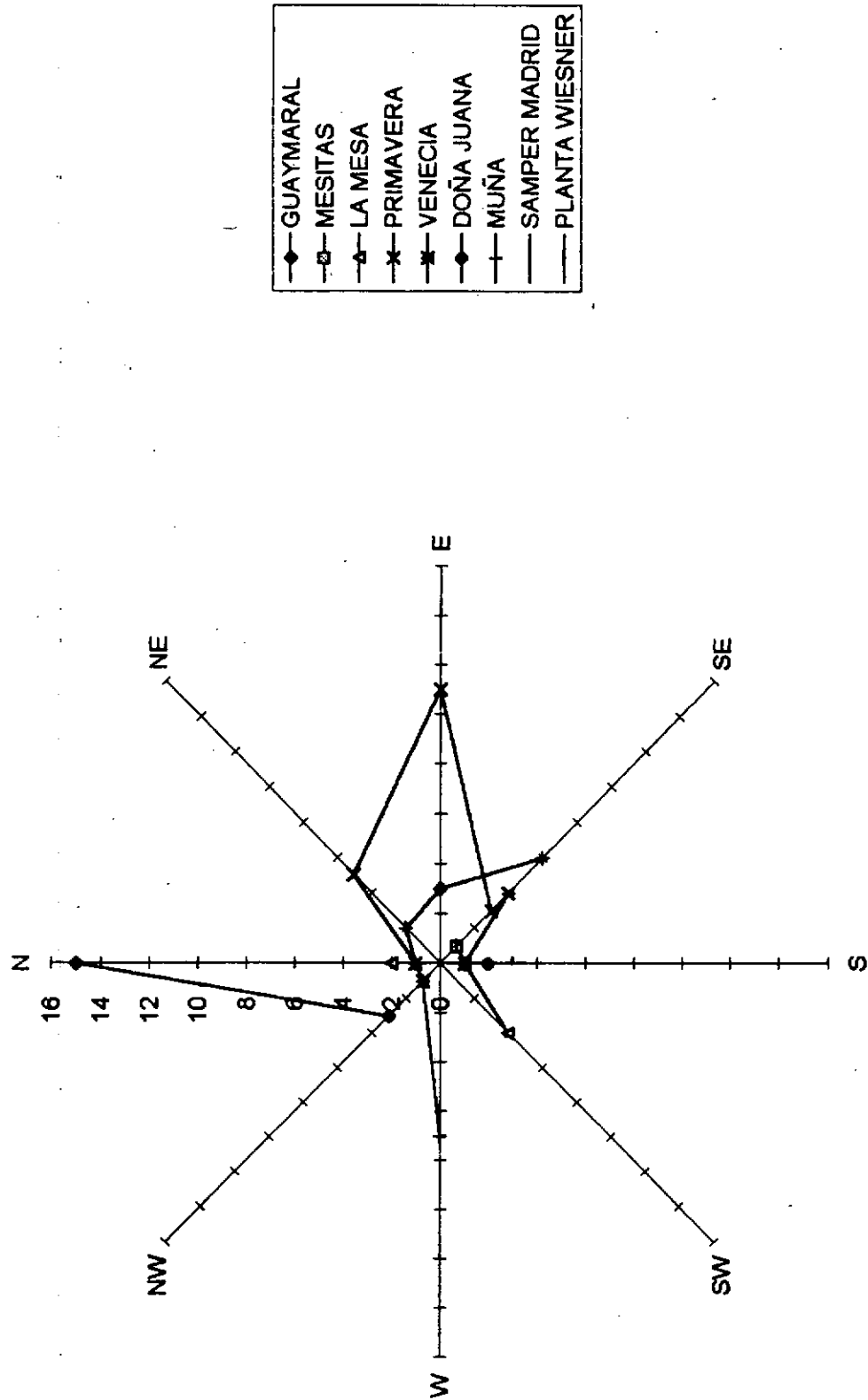
CUADRO No. VDD-1 VIENTOS DIRECCION DOMINANTE MEDIA MENSUAL MULTIANUAL
CUENCA ALTA RIO BOGOTA

ESTACION	NOVIEMBRE											TOTAL	
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW					
GUAYMARAL	15	1	1			1		1				4	23
MESITAS						1							1
LA MESA	1					1		5					7
PRIMAVERA	3	3	7									6	19
VENECIA				4								3	7
DOÑA JUANA						3							3
MUTA	1							2	13			2	18
SAMPER MADRID						4							4
PLANTA WIESNER						2							2
Nº. CASOS ANUALES	20	4	8	4	11	10	14	15	15	15	15	15	84
% SOBRE LOS CASOS	24.69	4.938	9.877	4.938	13.58	9.877	17.28	18.52	18.52	18.52	18.52	18.52	103.7

CUADRO VDD-2 FRECUENCIA MEDIA DE LA DIRECCION DOMINANTE MENSUAL MULTIANUAL
CUENCA ALTA RIO BOGOTA

ESTACION	NOVIEMBRE											MAX
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW				
GUAYMARAL	68.18	4.545	4.545		0	4.545	4.545	18.18				68.18
MESITAS	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	100
LA MESA	11.11	0	0	0	11.11	55.56	0	0	0	0	0	55.56
PRIMAVERA	17.65	17.65	41.18	0	0	0	0	35.29	0	0	0	41.18
VENECIA	0	0	0	66.67	0	0	0	0	0	0	50	66.67
DOÑA JUANA	0	0	0	0	150	0	0	0	0	0	0	150
MUTA	5.263	0	0	0	0	10.53	68.42	10.53	68.42	0	0	68.42
SAMPER MADRID	0	0	0	0	133.3	0	0	0	0	0	0	133.3
PLANTA WIESNER	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	100
Nº. CASOS ANUALES	102.2	22.19	45.72	66.67	494.4	70.63	72.97	114	988.8	114	114	988.8
% SOBRE LOS CASOS	11.36	2.466	5.08	7.407	54.94	7.847	8.107	12.67	12.67	12.67	12.67	103.9

VIENTOS MULTIANUALES DIRECCION DOMINANTE MES DE SEPTIEMBRE



000143⁸⁰

CUENCA ALTA RIO BOGOTA

OCTUBRE

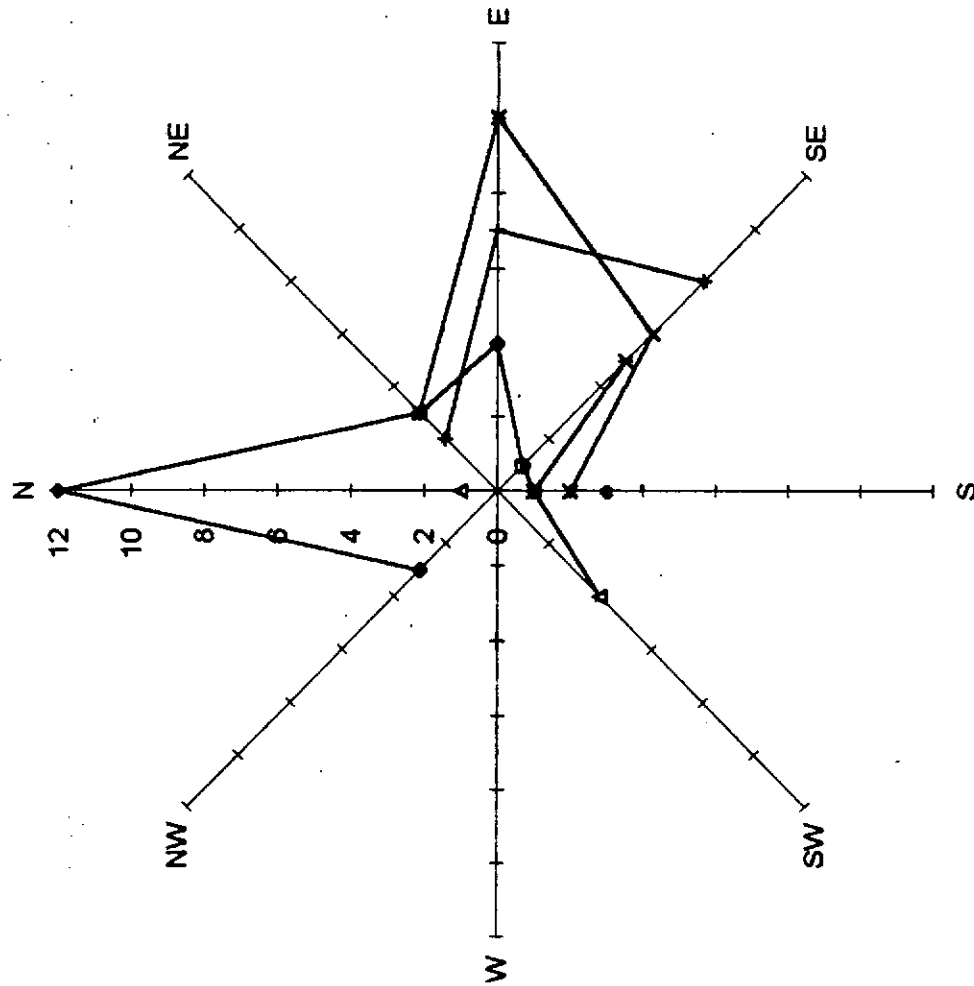
ESTACION	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTA
GUAYMARAL	12	1	2					4	19
MESITAS				1					1
LA MESA	3					4			7
PRIMAVERA	2	6	10					1	19
VENECIA				4				2	6
DOÑA JUANA					2				2
MUÑA			1			1	15	3	20
SAMPER MADRID				1	3				4
PLANTA WIESNER				1	1				2
No. CASOS ANUALES	17	7	13	7	6	5	15	10	80
% SOBRE LOS CASOS	20.99	8.642	16.05	8.642	7.407	6.173	18.52	12.35	98.77

CUADRO VFDD-2 FRECUENCIA MEDIA DE LA DIRECCION DOMINANTE MENSUAL MULTIANUAL
CUENCA ALTA RIO BOGOTA

OCTUBRE

ESTACION	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	MAX
GUAYMARAL	54.55	4.545	9.091	0	0	0	0	18.18	54.55
MESITAS	0	0	0	100	0	0	0	0	100
LA MESA	33.33	0	0	0	0	44.44	0	0	44.44
PRIMAVERA	11.76	35.29	58.82	0	0	0	0	5.882	58.82
VENECIA	0	0	0	66.67	0	0	0	33.33	66.67
DOÑA JUANA	0	0	0	0	100	0	0	0	100
MUÑA	0	0	5.263	0	0	5.263	78.95	15.79	78.95
SAMPER MADRID	0	0	0	33.33	100	0	0	0	100
PLANTA WIESNER	0	0	0	50	50	0	0	0	50
No. CASOS ANUALES	99.64	39.84	73.18	250	250	49.71	78.95	73.19	914.5
% SOBRE LOS CASOS	11.07	4.427	8.131	27.78	27.78	5.623	8.772	8.132	101.0

VIENTOS MULTIANUALES DIRECCION DOMINANTE MES AGOSTO



- ◆ GUAYMARAL
- MESITAS
- ▲ LA MESA
- × PRIMAVERA
- * VENECIA
- DOÑA JUANA
- + MUÑA
- SAMPER MADRID
- PLANTA WIESNER

000150

CUADRO No. VDD-1 VIENTOS DIRECCION DOMINANTE MEDIA MENSUAL MULTIANUAL
CUENCA ALTA RIO BOGOTA

SEPTIEMBRE

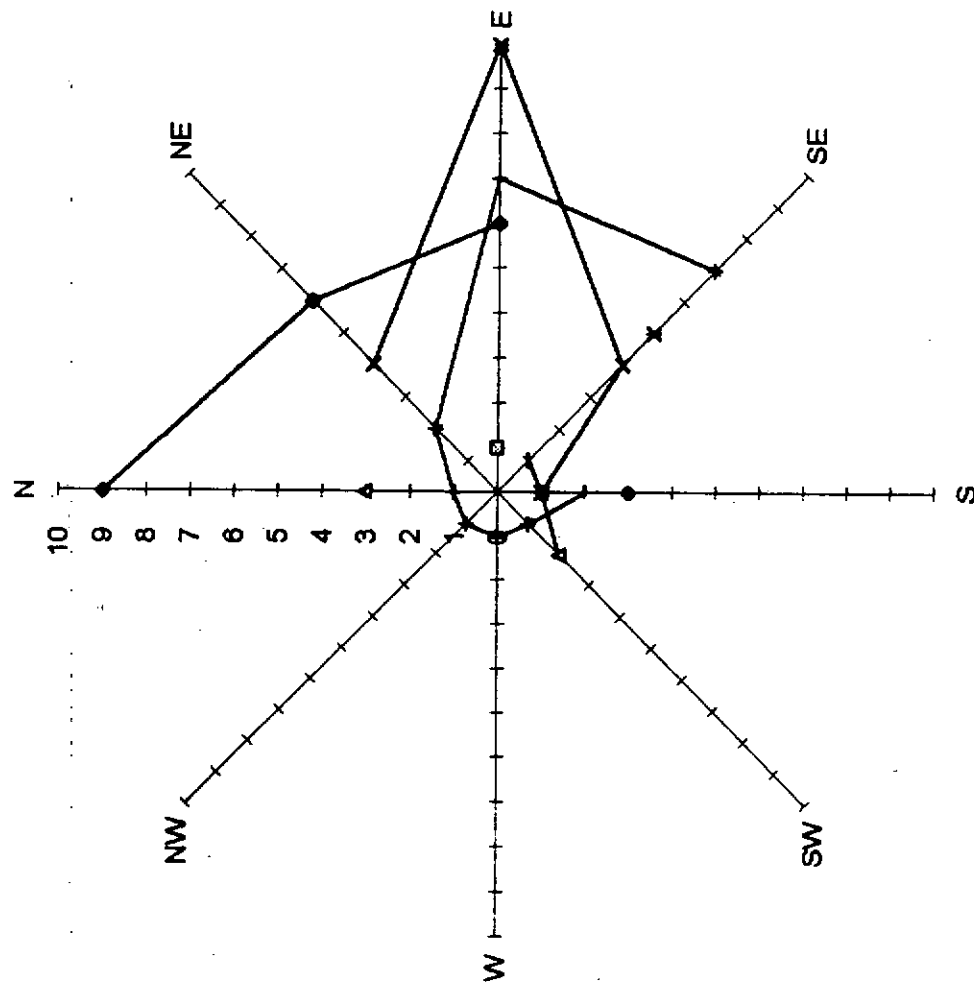
ESTACION	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTA
GUAYMARAL	15		3		1			3	22
MESITAS				1					1
LA MESA	2				1	4			7
PRIMAVERA	1	5	11	3					20
VENECIA				4	1			1	6
DOTA JUANA					2				2
MUTA	1	2	3	6			7	1	20
SAMPER MADRID	1				3				4
PLANTA WIESNER				1	1				2
No. CASOS ANUALES	20	7	17	15	9	4	7	5	84
% SOBRE LOS CASOS	24.69	8.642	20.99	18.52	11.11	4.938	8.642	6.173	103.7

CUADRO No. VFDD-2 VIENTOS FRECUENCIA MEDIA DE LA DIRECCION DOMINANTE MENSUAL MU
CUENCA ALTA RIO BOGOTA

SEPTIEMBRE

ESTACION	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	MAX
GUAYMARAL	98.18	0	13.64	0	4.545	0	0	13.64	68.18
MESITAS	0	0	0	100	0	0	0	0	100
LA MESA	22.22	0	0	0	11.11	44.44	0	0	44.44
PRIMAVERA	5.882	29.41	64.71	17.65	0	0	0	0	64.71
VENECIA	0	0	0	66.67	16.67	0	0	16.67	66.67
DOTA JUANA	0	0	0	0	100	0	0	0	100
MUTA	5.263	10.53	15.79	31.58	0	0	36.84	5.263	36.84
SAMPER MADRID	33.33	0	0	0	100	0	0	0	100
PLANTA WIESNER	0	0	0	50	50	0	0	0	50
No. CASOS ANUALES	134.9	39.94	94.13	265.9	282.3	44.44	36.84	35.57	934
% SOBRE LOS CASOS	14.99	4.438	10.46	29.54	31.37	4.938	4.094	3.952	103.8

VIENTOS MULTIANUALES DIRECCION DOMINANTE MES DE JULIO



- ◆— GUAYMARAL
- MESITAS
- △— LA MESA
- ×— PRIMAVERA
- *— VENECIA
- DOÑA JUANA
- +— MUÑA
- SAMPER MADRID
- |— PLANTA WIESNER

000151 76

CUADRO No. VDD-1 VIENTOS DIRECCION DOMINANTE MEDIA MENSUAL MULTIANUAL
CUENCA ALTA RIO BOGOTA

AGOSTO

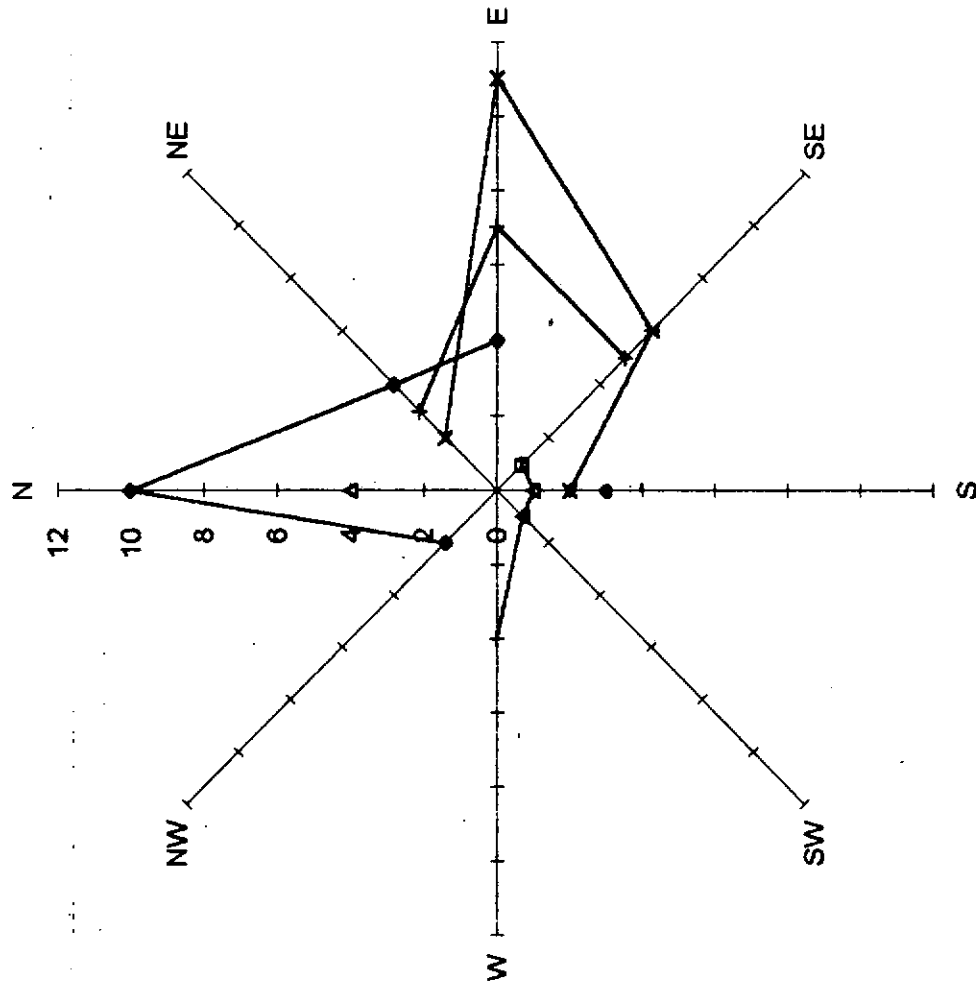
ESTACION	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTA
GUAYMARAL	12	3	4	1				3	23
MESITAS				1					1
LA MESA	1				1	4			6
PRIMAVERA		3	10	6	2				21
VENECIA				5	1				6
DOÑA JUANA					3				3
MUÑA			2	7	8			4	21
SAMPER MADRID					4				4
PLANTA WIESNER				1	1				2
No. CASOS ANUALES	13	8	21	22	12	4	4	3	87
% SOBRE LOS CASOS	16.05	9.877	25.93	27.16	14.81	4.938	4.938	3.704	107.4

CUADRO No. VFDD-2 VIENTOS FRECUENCIA MEDIA DE LA DIRECCION DOMINANTE MENSUAL MU
CUENCA ALTA RIO BOGOTA

AGOSTO

ESTACION	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	MAX
GUAYMARAL	54.55	13.64	18.18	4.545	0	0	0	13.64	54.55
MESITAS	0	0	0	100	0	0	0	0	100
LA MESA	11.11	0	0	0	11.11	44.44	0	0	44.44
PRIMAVERA	0	17.65	58.82	35.29	11.76	0	0	0	58.82
VENECIA	0	0	0	83.33	16.67	0	0	0	83.33
DOÑA JUANA	0	0	0	0	150	0	0	0	150
MUÑA	0	10.53	36.84	42.11	0	0	21.05	0	42.11
SAMPER MADRID	0	0	0	0	133.3	0	0	0	133.3
PLANTA WIESNER	0	0	0	50	50	0	0	0	50
No. CASOS ANUALES	65.66	41.81	113.8	315.3	372.9	44.44	21.05	13.64	988.6
% SOBRE LOS CASOS	7.295	4.646	12.65	35.03	41.43	4.938	2.339	1.515	109.8

VIENTOS MULTIANUALES DIRECCION DOMINANTE DE JUNIO



- GUAYMARAL
- MESITAS
- △— LA MESA
- ×— PRIMAVERA
- ★— VENECIA
- ◆— DOÑA JUANA
- +— MUÑA
- — SAMPER MADRID
- — PLANTA WIESNER

00015RD

76

CUADRO No. VDD-1 VIENTOS DIRECCION DOMINANTE MEDIA MENSUAL MULTIANUAL
CUENCA ALTA RIO BOGOTA

JULIO

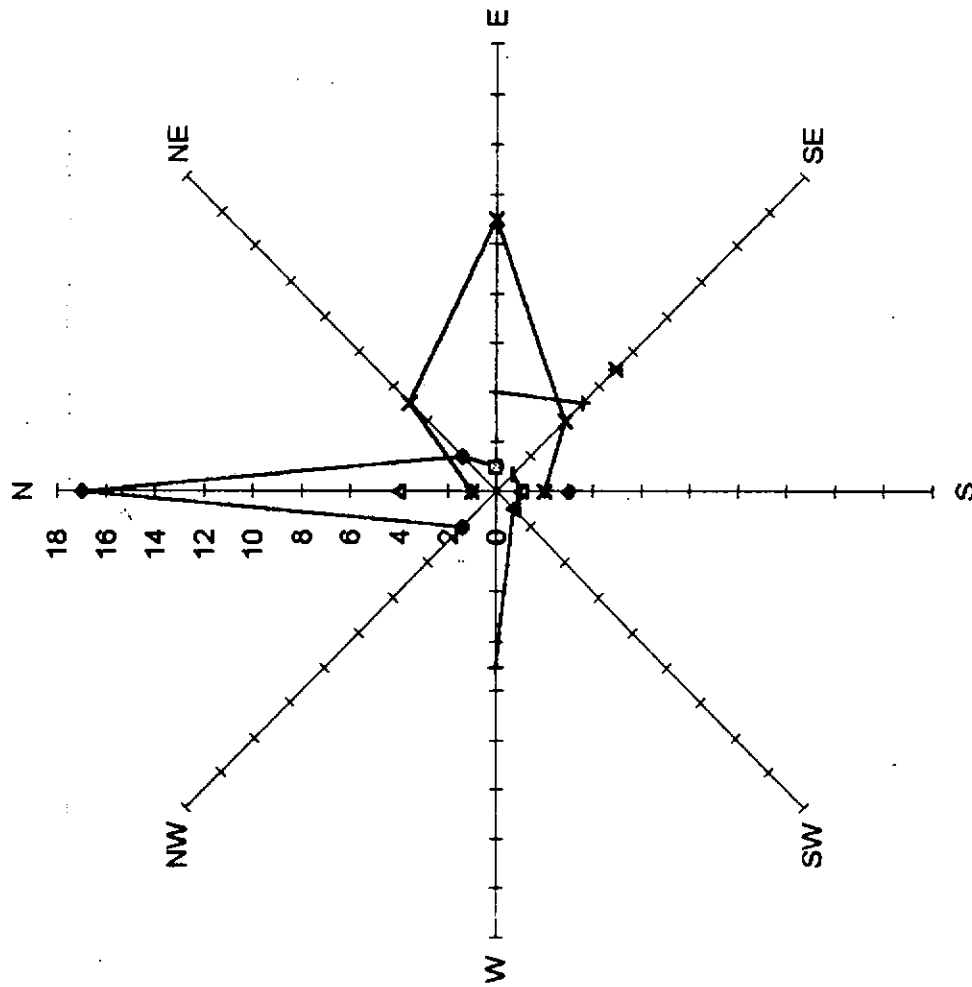
ESTACION	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTA
GUAYMARAL	9	6	6						21
MESITAS			1						1
LA MESA	3				1	2			6
PRIMAVERA		4	10	4	1				19
VENECIA				5					5
DOÑA JUANA					3				3
MUTA	1	2	7	7		1	1	1	20
SAMPER MADRID					2	1		1	4
PLANTA WIESNER				1					2
No. CASOS ANUALES	13	12	24	17	8	4	1	2	81
% SOBRE LOS CASOS	16.05	14.81	29.63	20.99	9.877	4.938	1.235	2.469	100

CUADRO No. VFDD-2 VIENTOS FRECUENCIA MEDIA DE LA DIRECCION DOMINANTE MENSUAL MU
CUENCA ALTA RIO BOGOTA

JULIO

ESTACION	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	MAX
GUAYMARAL	40.91	27.27	27.27	0	0	0	0	0	40.91
MESITAS	0	0	100	0	0	0	0	0	100
LA MESA	33.33	0	0	0	11.11	22.22	0	0	33.33
PRIMAVERA	0	23.53	58.82	23.53	5.882	0	0	0	58.82
VENECIA	0	0	0	83.33	0	0	0	0	83.33
DOÑA JUANA	0	0	0	0	150	0	0	0	150
MUTA	5.263	10.53	36.84	36.84	0	5.263	5.263	5.263	36.84
SAMPER MADRID	0	0	0	0	66.67	33.33	0	0	66.67
PLANTA WIESNER	0	0	0	0	50	50	0	0	50
No. CASOS ANUALES	79.51	61.33	222.9	193.7	283.7	60.82	5.263	38.6	945.8
% SOBRE LOS CASOS	8.834	6.814	24.77	21.52	31.52	6.758	0.585	4.288	105.1

VIENTOS MULTIANUALES DIRECCION DOMINANTE MES DE MAYO



- ◆ GUAYMARAL
- MESITAS
- △ LA MESA
- * PRIMAVERA
- × VENECIA
- DOÑA JUANA
- + MUÑA
- SAMPER MADRID
- PLANTA WIESNER

000153

16

107

FRECUENCIA PRESENTADA A NIVEL MULTIANUAL EN CADA MES.

CUADRO No. VDDD-1 VIENTOS DIRECCION DOMINANTE MEDIA MENSUAL MULTIANUAL
CUENCA ALTA RIO BOGOTA

JUNIO

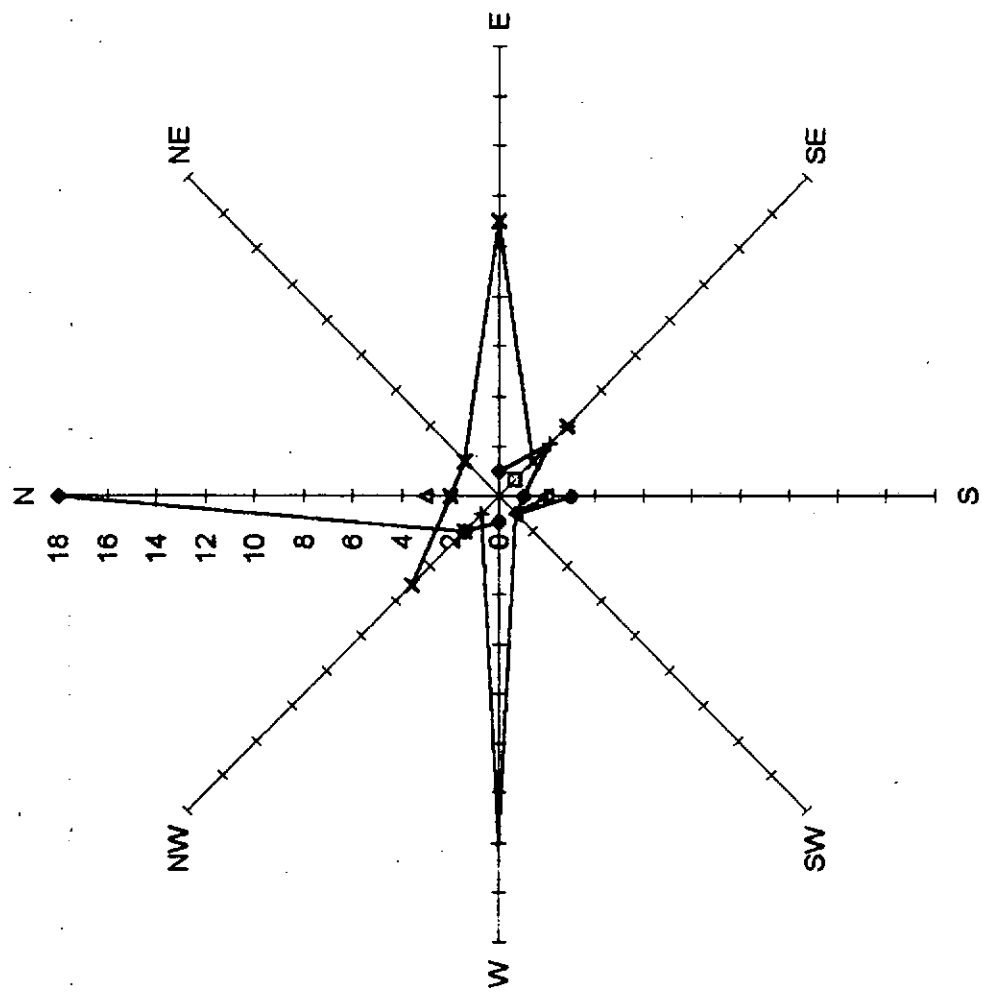
ESTACION	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTA
GUAYMARAL	10		4	4				2	20
MESITAS					1				1
LA MESA	4				1	1			6
PRIMAVERA		2	11	6	2				21
VENECIA				6					6
DOÑA JUANA					3				3
MUÑA		3	7	5		1	4		20
SAMPER MADRID					4				4
PLANTA WIESNER					1				2
N.º CASOS ANUALES	14	9	22	19	11	2	4	2	83
% SOBRE LOS CASOS	17.284	11.111	27.16	23.457	13.58	2.4691	4.9383	2.4691	102.47

CUADRO No. VDDD-2 VIENTOS FRECUENCIA MEDIA DE LA DIRECCION DOMINANTE MENSUAL MULTIANUAL
CUENCA ALTA RIO BOGOTA

JUNIO

ESTACION	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	MAX
GUAYMARAL	45.455	18.182	18.182	0	0	0	0	9.0909	45.455
MESITAS	0	0	0	100	0	0	0	0	100
LA MESA	44.444	0	0	0	11.111	11.111	0	0	44.444
PRIMAVERA	0	11.765	64.706	35.294	11.765	0	0	0	64.706
VENECIA	0	0	0	100	0	0	0	0	100
DOÑA JUANA	0	0	0	0	150	0	0	0	150
MUÑA	0	15.789	36.842	26.316	0	5.2632	2.1053	0	36.842
SAMPER MADRID	0	0	0	0	133.33	0	0	0	133.33
PLANTA WIESNER	0	0	0	50	50	0	0	0	50
N.º CASOS ANUALES	89.899	45.736	119.73	311.61	358.21	16.374	21.053	9.0909	969.7
% SOBRE LOS CASOS	9.9888	5.0818	13.303	34.623	39.579	1.8194	2.3392	1.0101	107.74

VIENTOS MULTIANUALES DIRECCION DOMINANTE MES DE ABRIL



- ◆ GUAYMARAL
- MESITAS
- △ LA MESA
- × PRIMAVERA
- ✱ VENECIA
- ◆ DOÑA JUANA
- MUÑA
- SAMPER MADRID
- PLANTA WIESNER

000154 16 109

FRECUENCIA PRESENTADA A NIVEL MULTIANUAL EN CADA MES.

CUADRO No. VDDD-1 VIENTOS DIRECCION DOMINANTE MEDIA MENSUAL MULTIANUAL
CUENCA ALTA RIO BOGOTA

MAYO

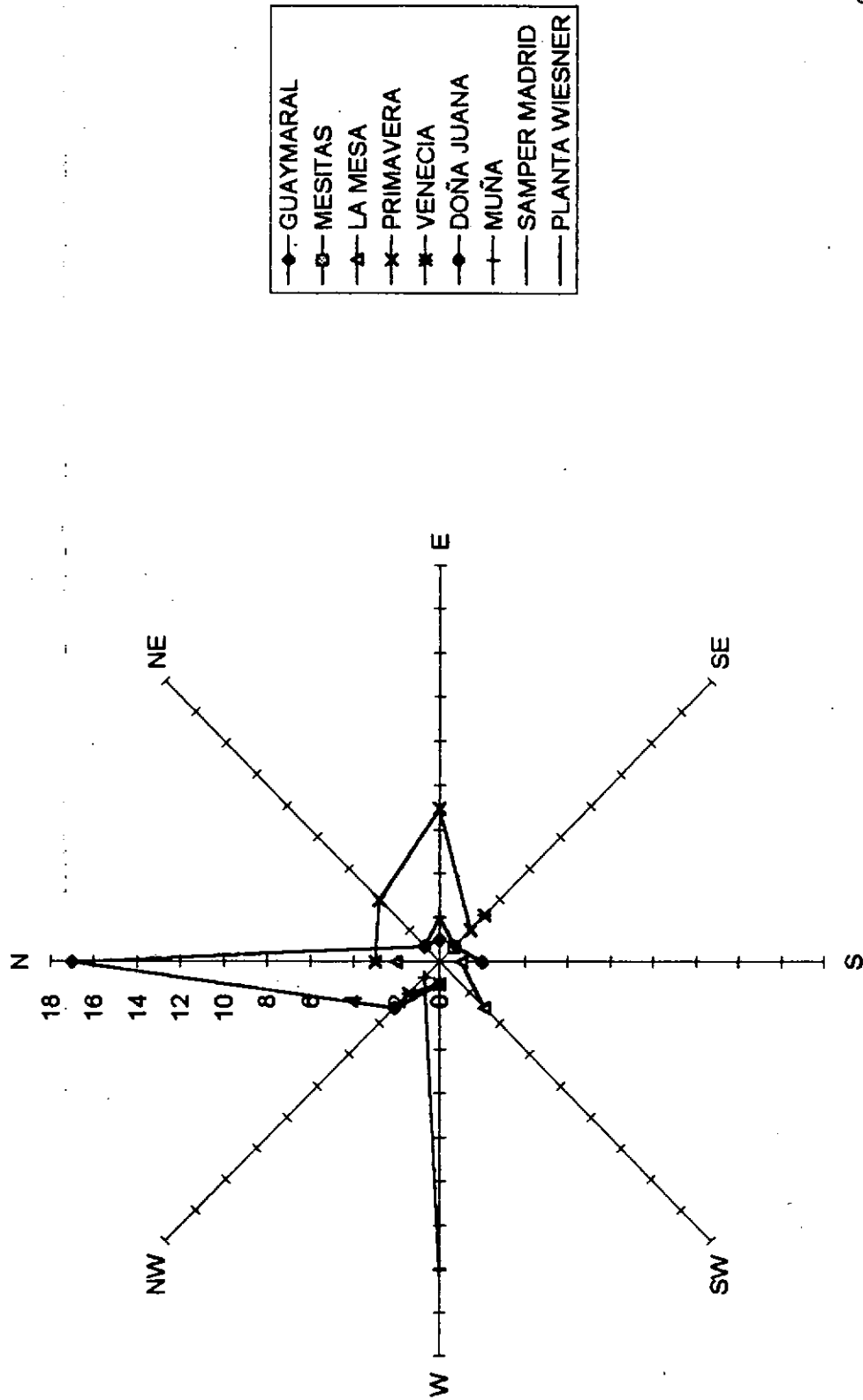
ESTACION	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTA
QUAYMARAL	17	2	1	1	1			2	23
MESITAS			1						1
LA MESA	4				1	1			6
PRIMAVERA	1	5	11	4	2				23
VENECIA				7					7
DOÑA JUANA					3				3
MUÑA	1		4	5		1	7		18
SAMPER MADRID	1				3				4
PLANTA WIESNER				1	1				2
No. CASOS ANUALES	24	7	17	17	11	2	7	2	87
% SOBRE LOS CASOS	29.80	8.842	20.988	20.988	13.58	2.4691	8.642	2.4691	107.41

CUADRO No. VFDD-2 VIENTOS FRECUENCIA MEDIA DE LA DIRECCION DOMINANTE MENSUAL MULTIANUAL
CUENCA ALTA RIO BOGOTA

MAYO

ESTACION	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	MAX
QUAYMARAL	77.273	9.0909	4.5455		0	4.5455	0	0	77.273
MESITAS	0	0	100	0	0	0	0	0	100
LA MESA	44.444	0	0	0	11.111	11.111	0	0	44.444
PRIMAVERA	5.8824	29.412	64.706	29.429	11.765	0	0	0	64.706
VENECIA	0	0	0	116.67	0	0	0	0	116.67
DOÑA JUANA	0	0	0	0	150	0	0	0	150
MUÑA	5.2632	0	21.053	26.316	0	5.2632	36.842	0	36.842
SAMPER MADRID	39.333	0	0	0	100	0	0	0	100
PLANTA WIESNER	0	0	0	50	0	0	0	0	50
No. CASOS ANUALES	166.2	38.503	190.3	216.51	327.42	16.374	36.842	9.0909	1001.2
% SOBRE LOS CASOS	16.466	4.2781	21.145	24.057	36.38	1.8194	4.0936	1.0101	111.25

VIENTOS MULTIANUALES DIRECCION DOMINANTE MES DE MARZO



000155

FRECUENCIA PRESENTADA A NIVEL MULTIANUAL DE CADA MES.

CUADRO No. VDDDD-1 VIENTOS DIRECCION DOMINANTE MEDIA MENSUAL MULTIANUAL
CUENCA ALTA RIO BOGOTA

ABRIL

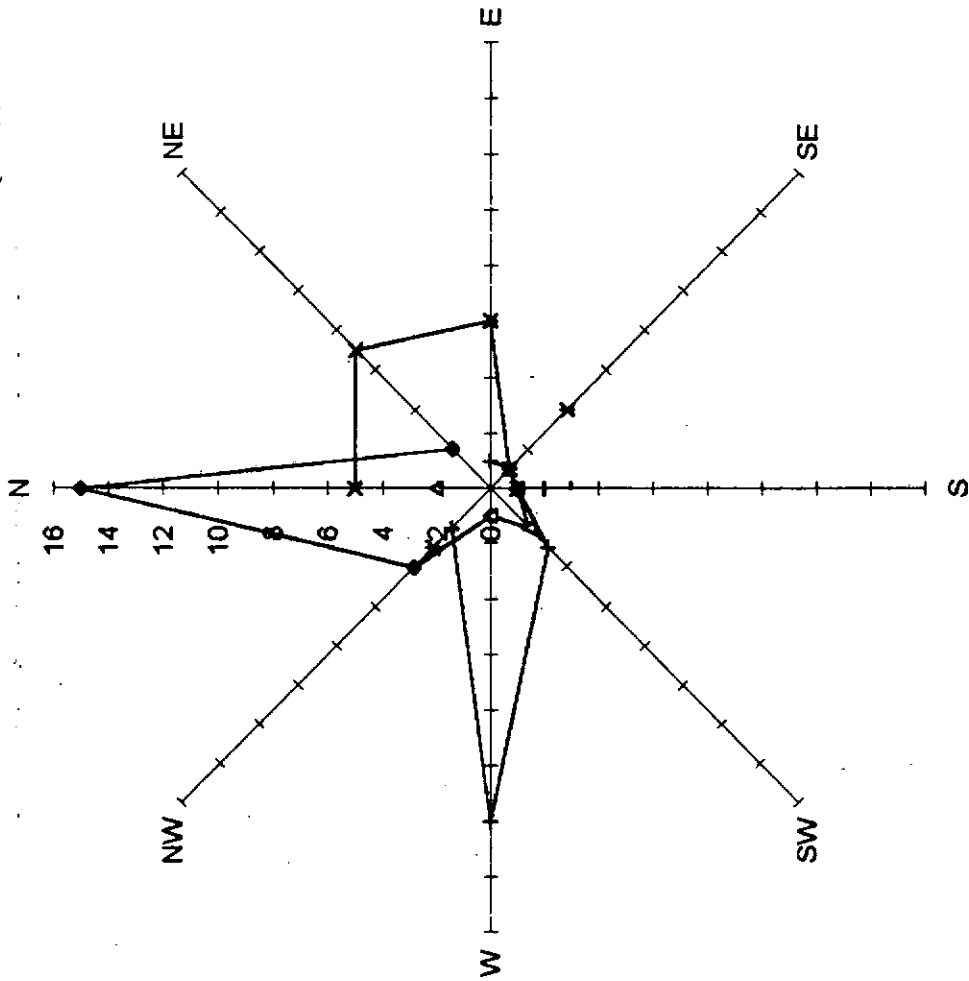
ESTACION	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTA
GUAYMARAL	18		1		1		1	2	23
MESITAS				1					1
LA MESA	3				2	1			6
PRIMAVERA	2	2	11	2				5	22
VENECIA				4				2	6
DOÑA JUANA					3				3
MUÑA			1	3	1	1	14	1	21
SAMPER MADRID					3	1			4
PLANTA WIESNER					2				2
N.º CASOS ANUALES	23	2	13	10	12	3	15	10	88
% SOBRE LOS CASOS	26.395	2.4631	16.049	12.346	14.915	3.7037	18.519	12.346	100.64

CUADRO No. VDDDD-2 VIENTOS FRECUENCIA MEDIA DE LA DIRECCION DOMINANTE MENSUAL MULTIANUAL
CUENCA ALTA RIO BOGOTA

ABRIL

ESTACION	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	MAX
GUAYMARAL	81.818	0	4.5455	0	4.5455	0	4.5455	9.0909	81.818
MESITAS	0	0	0	100	0	0	0	0	100
LA MESA	33.333	0	0	0	22.222	11.111	0	0	33.333
PRIMAVERA	11.765	11.765	64.706	11.765	0	0	0	29.412	64.706
VENECIA	0	0	0	66.667	0	0	0	33.333	66.667
DOÑA JUANA	0	0	0	0	150	0	0	0	150
MUÑA	0	0	5.2632	15.789	5.2632	5.2632	73.584	5.2632	73.584
SAMPER MADRID	0	0	0	0	100	33.333	0	0	100
PLANTA WIESNER	0	0	0	0	100	0	0	0	100
N.º CASOS ANUALES	126.92	11.765	74.514	194.22	382.03	49.708	78.23	77.099	994.48
% SOBRE LOS CASOS	14.102	1.3072	8.2794	21.58	42.448	5.5231	8.6922	8.5666	110.5

VIENTOS MULTIANUALES DIRECCION DOMINANTE MES DE FEBRERO



- GUAYMARAL
- MESITAS
- △— LA MESA
- x— PRIMAVERA
- *— VENECIA
- DOÑA JUANA
- +— MUÑA
- SAMPER MADRID
- PLANTA WIESNER

000156

FRECUENCIA PRESENTADA A NIVEL MULTIANUAL DE CADA MES.

CUADRO No. VDDD-1 VIENTOS DIRECCION DOMINANTE MEDIA MENSUAL MULTIANUAL
CUENCA ALTA RIO BOGOTA

MARZO

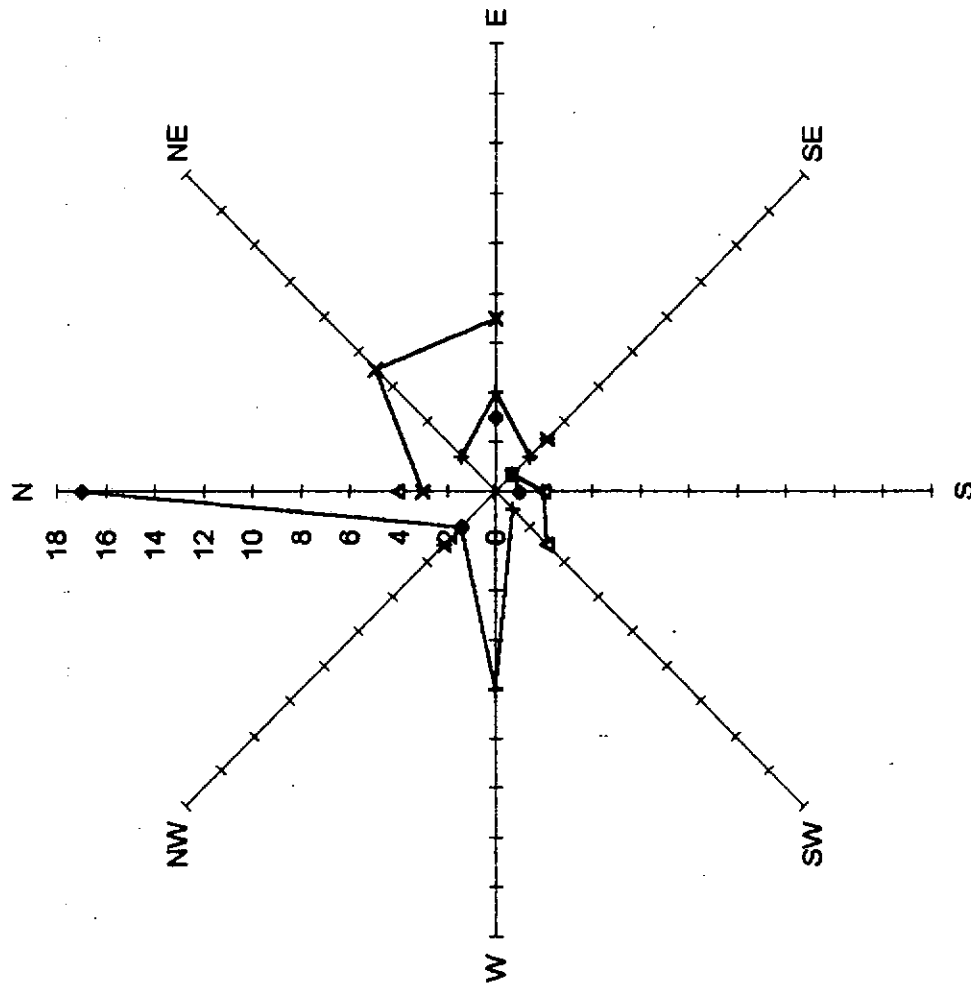
ESTACION	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTA
GUAYMARAL	17	1	1					1	3
MESITAS				1					1
LA MESA	2				1	3			6
PRIMAVERA	3	4	7	2					16
VIENEZIA				3				1	6
DOYA JUAN A					2				2
MUTA		1	2	1			14	1	19
SAMPER MADRID				1	2				3
PLANTA WIESNER					2				2
N.º CASOS ANUALES	22	6	10	8	7	3	16	6	78
% SOBRE LOS CASOS	27.16	7.4074	12.346	9.8765	8.642	3.7037	19.753	7.4074	98.296

CUADRO No. VDDD-2 VIENTOS FRECUENCIA MEDIA DE LA DIRECCION DOMINANTE MENSUAL MULTIANUAL
CUENCA ALTA RIO BOGOTA

MARZO

ESTACION	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	MAX
GUAYMARAL	77.278	4.5455	4.5455	0	0	0	4.5455	13.636	77.273
MESITAS	0	0	0	100	0	0	0	0	100
LA MESA	22.222	0	0	0	11.111	33.333	0	0	33.333
PRIMAVERA	17.647	23.529	41.176	11.765	0	0	0	0	41.176
VIENEZIA	0	0	0	50	0	0	16.667	33.333	50
DOYA JUAN A	0	0	0	0	100	0	0	0	100
MUTA	0	5.2632	10.526	5.2632	0	0	73.684	5.2632	73.684
SAMPER MADRID	0	0	0	33.333	66.667	0	0	0	66.667
PLANTA WIESNER	0	0	0	0	100	0	0	0	100
N.º CASOS ANUALES	117.14	33.338	56.248	200.36	277.78	33.333	94.896	52.233	865.33
% SOBRE LOS CASOS	13.016	3.7042	6.2498	22.262	30.864	3.7037	10.544	5.8037	96.148

VIENTOS MULTIANUALES DIRECCION DOMINANTE MES DE ENERO



- ◆ GUAYMARAL
- MESITAS
- △ LA MESA
- × PRIMAVERA
- * VENECIA
- DOÑA JUANA
- ⊕ MUÑA
- ⊖ SAMPER MADRID
- PLANTA WIESNER

000157

FECUENCIA PRESENTADA A NIVEL MULTIANUAL DE CADA MES.

CUADRO No. VDDD-1 VIENTOS DIRECCION DOMINANTE MEDIA MENSUAL MULTIANUAL
CUENCA ALTA RIO BOGOTA

FEBRERO

ESTACION	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTA
GUAYMARAL	15	2					1	4	22
MESITAS				1					1
LA MESA	2				1	2	1		6
PRIMAVERA	5	7	6	1	1				20
VENECIA				4				3	7
DOYA JUANA				1	1				2
MUTA			1	1	1	3	12	2	20
SAMPER MADRID					3				3
PLANTA WIESNER					2				2
No. CASOS ANUALES	22	9	7	8	9	5	14	9	83
% SOBRE LOS CASOS	27.16	11.111	8.642	9.8765	11.111	6.1728	17.284	11.111	102.47

CUADRO No. VDDD-2 VIENTOS FRECUENCIA MEDIA DE LA DIRECCION DOMINANTE MENSUAL MULTIANUAL
CUENCA ALTA RIO BOGOTA

FEBRERO

ESTACION	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	MAX
GUAYMARAL	68.182	9.0909	0	0	0	0	4.5455	18.182	68.182
MESITAS	0	0	0	100	0	0	0	0	100
LA MESA	22.222	0	0	0	11.111	22.222	11.111	0	22.222
PRIMAVERA	29.412	41.176	35.294	5.8824	5.8824	0	0	0	41.176
VENECIA	0	0	0	66.667	0	0	0	50	66.667
DOYA JUANA	0	0	0	50	50	0	0	0	50
MUTA	0	0	5.2632	5.2632	5.2632	15.789	63.158	10.526	63.158
SAMPER MADRID	0	0	0	0	100	0	0	0	100
PLANTA WIESNER	0	0	0	0	100	0	0	0	100
No. CASOS ANUALES	119.82	58.267	40.557	227.81	272.26	36.012	78.814	78.708	906.24
% SOBRE LOS CASOS	13.313	5.5853	4.5864	25.312	30.251	4.2295	8.7572	8.7453	100.89

000158

PARTE CUATRO

**MUESTREO DE EVALUACIÓN DE PARTÍCULAS EN
SUSPENSIÓN EN LOS SITIOS DEL PROYECTO**

Santa Fe de Bogotá D.C., 1 de Agosto de 1995

000159

Ingeniero

Pedro Escobar

Estudios Civiles y Sanitarios ESSERE LTDA.

Ciudad.

Ref: Muestras de Aire

Estimado Señor:

Adjunto estamos haciendo entrega de los cuadros de resultado de los muestreos de evaluación de partículas en suspensión en los lugares designados previamente por ustedes y a manera informativa un pequeño resumen de los diferentes tópicos que intervinieron en el desarrollo de esta actividad.

1- MARCO LEGAL: La norma de calidad del aire y su método de medición para partículas en suspensión según el Decreto 948 del 5 de junio de 1995 en el Artículo 137, del Ministerio del Medio Ambiente establece: ... *"Mientras el Ministerio del Medio Ambiente dicta las normas y estándares para las fuentes fijas, en ejercicio de las competencias de que dispone según la Ley 99 de 1993, continuaran*

transitoriamente vigentes, las normas y los estándares establecidos en los Artículos 31, 32, 33, ... del Decreto 02 de 1982."

La norma para partículas en suspensión según el Decreto 02 de 1982 dice en el Artículo 31: *"El promedio geométrico de los resultados de todas las muestras diarias recolectadas en forma continua durante 24 horas, en un intervalo de 12 meses, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico (100ug/m³). La máxima concentración de una muestra recolectada en forma continua durante 24 horas que se puede, sobrepasar, por una sola vez en un período de 12 meses, es de cuatrocientos microgramos por metro cúbico (400ug/m³)."*

Las normas de calidad del aire señaladas anteriormente representan concentraciones medidas a condiciones de referencia, 25 grados centígrados y 760 milímetros de mercurio.

De acuerdo a lo anterior y según el Artículo 32 del Decreto 02 de 1982 en el cual se da la forma de determinar la norma de calidad del aire a condiciones locales, el Ministerio de Salud Fijó el valor límite de 76.80 microgramos por metro cúbico de aire para la exposición a largo plazo y 303.06 microgramos por metro cubico como la máxima concentración de una muestra recolectada en forma continúa durante 24 horas que se puede sobrepasar, por una sola vez en un período de 12 meses, para la ciudad de Bogotá.

En el Artículo 33 del decreto 02 de 1982 se fijan los métodos y frecuencias para verificar la calidad del aire en un sitio, el cual para partículas en suspensión determina que el Método de Análisis es gravimétrico por muestreador de alto volumen y la frecuencia mínima de muestreo es una muestra tomada en forma continua durante 24 horas cada tres días.

2- LUGARES Y FRECUENCIAS DE MUESTREO: Inicialmente se había determinado por parte de ustedes la realización de una muestra en cada uno de los siguientes sitios:

-Mondoñedo

-Canoas

-desembocadura del Rio Tunjuelito en el Rio Bogotá

-desembocadura del Rio Fucha en el Rio Bogotá

-desembocadura del Rio Juan Amarillo en el Rio Bogotá

-Terminal del Norte

De los seis puntos anteriores tocó eliminar el muestreo ubicado en el area de Mondoñedo debido a la imposibilidad de encontrar fluido eléctrico. De los demás puntos de muestreo a excepción de Canoas se tomaron muestras de aproximadamente 24 horas de duración. En Canoas debido al elevado voltaje en la línea eléctrica se tomo una muestra de aproximadamente 3 horas, siendo imposible continuarla.

Además y a manera de posible análisis comparativo se tomó una muestra dentro de la ciudad de Santa Fe de Bogotá, localizando para esto el equipo muestreador en la parte alta de un edificio de cuatro pisos localizado en la Avenida Caracas con Calle 43.

Datos exactos del tiempo podrán ser verificados en el cuadro de concentración de partículas en suspensión.

3. EQUIPO DE MUESTREO: Para el análisis de concentración de partículas en suspensión se utilizó el siguiente equipo:

- Muestreador de Aire de Alto Volumen previamente calibrado en el laboratorio de aire de la Secretaria de Salud de Bogotá y cuya curva de calibración se presenta en la figura 1.

- Balanza Analítica con precisión de 0.0001 gramo.

- Campana de desecación con su correspondiente compuesto desecador.

- Filtros de fibra de vidrio para muestreador de aire de alto volumen.

3.1. Cálculos de Concentración: La obtención de la concentración de partículas en

suspensión se obtiene al dividir el peso de la muestra en millonésimas de gramo por el volumen de aire en metros cúbicos que pasó a través del filtro.

Es de observar que los datos obtenidos en este período de muestras son de tipo puntual y representan condiciones de contaminación por partículas en suspensión para un día específico, siendo por este motivo de muy poco valor para determinar generalidades de calidad del aire para una zona o un período de tiempo, principalmente por la variabilidad en las condiciones meteorológicas. También es de tener en cuenta que las muestras tomadas en días festivos y días en los que se presentaron lluvias, representan concentraciones bajo condiciones totalmente diferentes a los otros puntos de muestreo.

Atentamente,

Martín D. Palacios Q

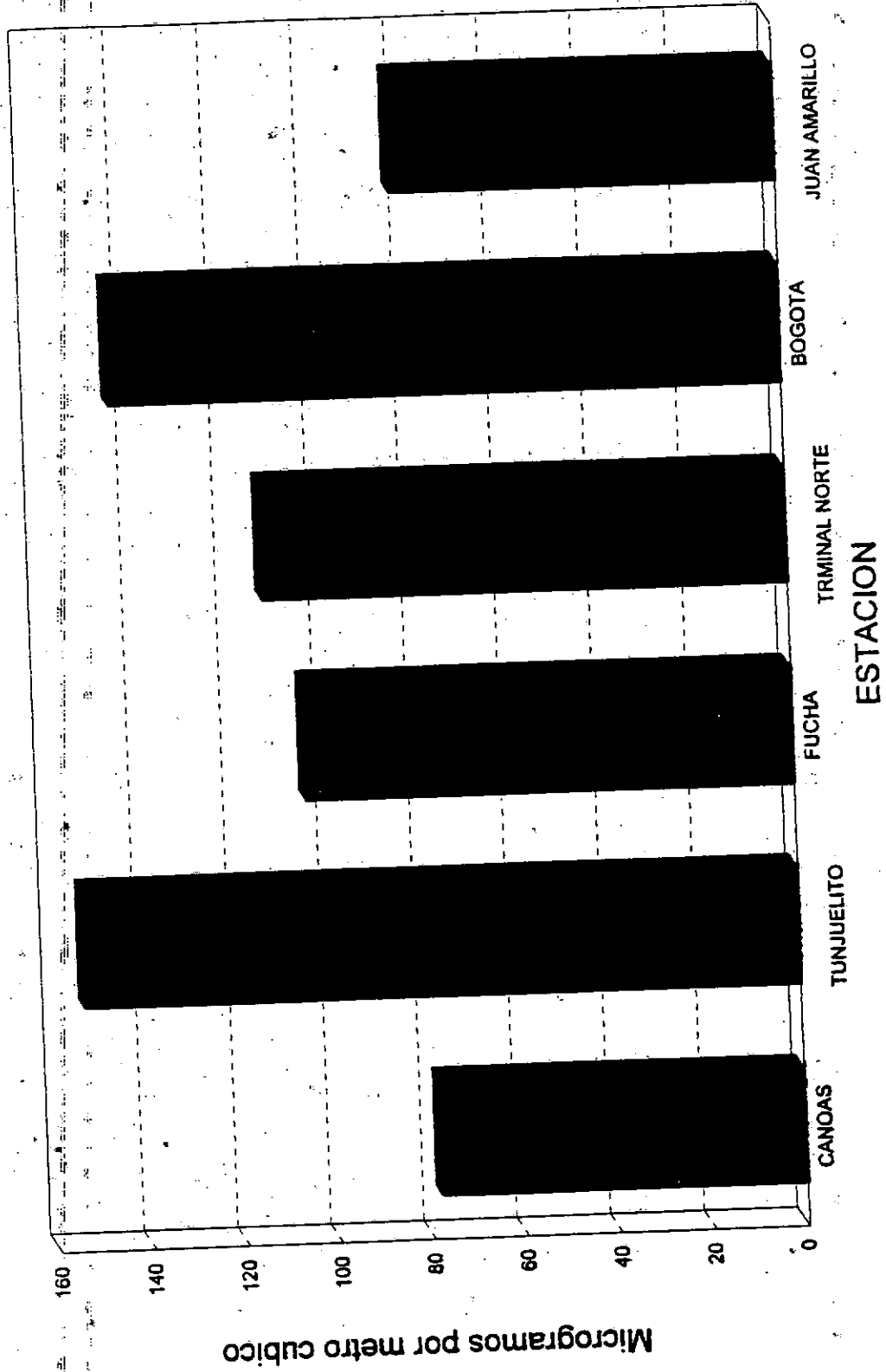
79457037 Bta

Héctor R. Laverde P.

19426220 Bta

Anexo: Cuadros, Gráficas, Figuras y filtros utilizados.

ESSERE LTDA. PARTICULAS EN SUSPENSION



MUESTREADOR DE AIRE DE ALTO VOLUMEN

TABLA DE CALIBRACION

PLATILLO No.	ALTURA H ₂₀ (x)	FLUJO LEIDO (y)	FLUJO (a) CORREGIDO	LECTURA (b) ROTAMETRO
18	4.9	39.10	34.75	60
13	4.4	36.25	32.21	57
10	3.5	31.84	28.29	52
7	2.4	26.13	23.22	45
5	1.7	22.49	20.00	38

Kit de Calibracion
rotametro

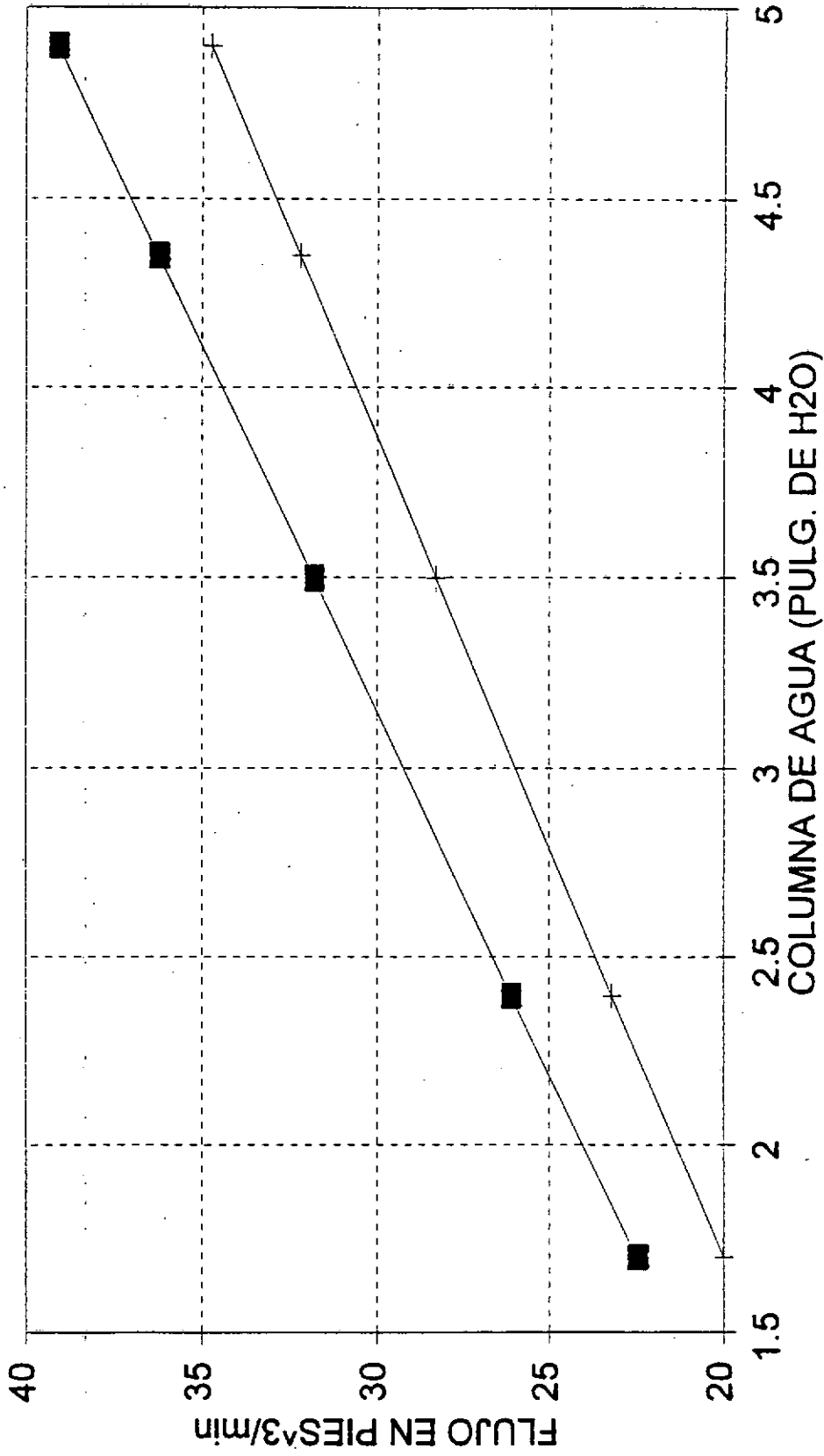
$y=13.67+5.19x$
 $a=-6.0+0.679b$

ESSERE LTDA.

CALCULOS DE CONCENTRACION DE PARTICULAS EN SUSPENSION

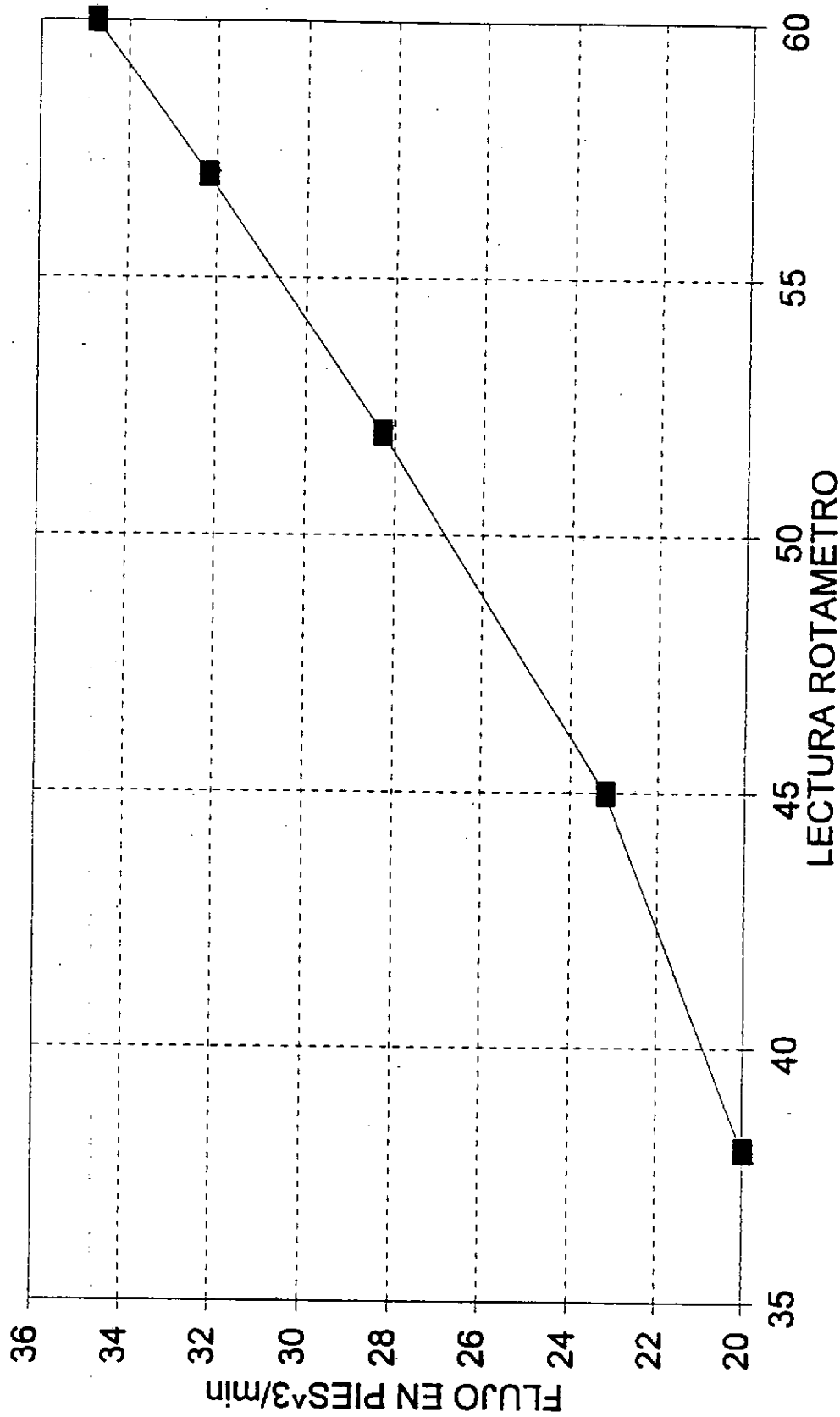
ESTACION	FECHAS		FILTRO NUMERO	PESO EN MICROGRAMOS		HORAS		TIEMPO (MIN) TOTAL	LECTURA ROTAM.	FLUJO M ³ /MIN	VOLUMEN (M ³) MUESTRA	CONCEN. ugr/M ³	
	INICIAL	FINAL		INICIAL	FINAL	INICIA	FINAL						
CANOAS	22-Jul-95	22-Jul-95	1	2884000	2897100	13100	09:20	12:15	174.25	60	0.964	168.06	77.95
TUNJUELITO	25-Jul-95	26-Jul-95	2	2876100	3080600	204500	08:35	08:36	1441.67	58	0.927	1336.12	153.06
FUCHA	27-Jul-95	28-Jul-95	3	2918300	3054900	136600	11:25	10:30	1384.58	59	0.946	1309.32	104.33
TRMINAL NORTE	28-Jul-95	29-Jul-95	5	2903600	3042200	138600	11:55	09:40	1304.92	59	0.946	1233.98	112.32
BOGOTA	30-Jul-95	31-Jul-95	6	2893600	3071500	177900	14:45	13:00	1335.00	58	0.927	1237.26	143.79
JUAN AMARILLO	26-Jul-95	27-Jul-95	7	2893200	3002900	109700	11:30	10:30	1380.08	60	0.964	1331.08	82.41

MUESTREADOR DE AIRE DE ALTO VOLUMEN CURVA DE CALIBRACION



■ FLUJO SIN CORREG. + FLUJO CORREGIDO

MUESTREADOR DE AIRE DE ALTO VOLUMEN CALIBRACION DEL ROTAMETRO



PARTE CINCO

**ESTUDIO DE ORDENAMIENTO DE CORRIENTES Y
DRENAJES DE LAS HOYAS ALTA, BAJA Y ÁREA DE
INFLUENCIA DEL PROYECTO**

ORDENAMIENTO DE CORRIENTES Y DRENAJES

1. GENERALIDADES

Una cuenca hidrográfica es una zona de territorio en la que el agua, los sedimentos y los materiales disueltos drenan hacia un punto común. La utilización de las cuencas como unidades de planificación ambiental han presentado ventajas sobre otras clasificaciones; en consecuencia su clasificación es un dato fundamental en los análisis del medio físico y biológico.

La clasificación basada en la ordenación de las corrientes de agua es la referida para el presente estudio y se basa en el análisis y numeración de la estructura de la red de drenajes que tienen las hoyas hidrográficas estudiadas. El grado de bifurcación de las corrientes no es un modelo desordenado e irregular, sino sigue unas pautas bien organizadas, que son importantes para mantener el equilibrio dinámico del sistema hidrográfico.

Específicamente en el orden de las corrientes se utilizó el índice de Horton, el cual expresa la numeración y conteo de las corrientes de agua de un determinado orden existente en la cuenca.

2. Orden de corrientes:

De acuerdo a lo anterior y al mapa hídrico del estudio, se procedió a delimitar las diferentes cuencas hidrográficas dentro del área de influencia del estudio. En dicha área se encuentra la cuenca hidrográfica del río Bogotá. Esta cuenca muestra una configuración muy variada, por eso el área del proyecto se encuentra en dos zonas de la misma bien definidas por su topografía y clima. La cuenca alta comprende 430.470 ha. (72% del área total), se extiende en dirección norte - sur desde el nacimiento, cerca de Villapinzón hasta el Salto de Tequendama en 125 Km y en dirección este - oeste se extiende 55 Km.

La cuenca baja comprende 169.098 ha (28 %), se inicia en el borde inferior de la Sabana de Bogotá y termina en la desembocadura en el río Magdalena en el casco urbano del municipio de Girardot.

En la cuenca alta, el proyecto abarca principalmente la tercera parte de la cuenca, que corresponde a una zona plana y que involucra las siguientes cuencas menores:

CUENCAS	AREAS (ha)
Sector Tibitó - Salto de Tequendama	62.901 *
Río Tunjuelito (Bajo)	24.987 **
Río Soacha	5.431
Embalse del Muña	13.477
Río Balsillas (Zona baja)	7.126
Total	113.922

* Están incluidas las cuencas urbanas de Santa Fe de Bogotá: Salitre (11.060 ha) y Fucha (12.740 ha).

** Esta incluida la cuenca del Tunjuelo, que corresponde al área urbana.

El proyecto en la cuenca baja del río Bogotá abarca las cuatro cuencas menores en que esta dividida y corresponde a las áreas de drenaje de los siguientes ríos:

CUENCAS	AREA (ha)
Sector Salto de Tequendama - Apulo	30.901
Río Apulo	30.052 *
Río Calandaima	26.469
Bajo Bogotá	60.197
Total	147.619

* Incluye solamente dos subcuencas: La del mismo río Apulo y la de la zona baja.

3. Densidad de drenajes :

Se presenta aquí, para las anteriores cuencas que se encuentran en el área de influencia directa del presente estudio de impacto ambiental, la densidad del drenaje.

La densidad de drenaje esta definida como el número de corrientes, de cualquier orden, por unidad de área y su principal uso en este estudio es para evaluar la posible susceptibilidad de la cuenca a la ocurrencia de inundaciones; ya que este parámetro depende en gran medida del clima y otros factores.

4. Morfometría de las cuencas

Como complemento de la anterior información, se presenta aquí algunos datos morfométricos de las hoyas hidrográficas. Estos datos morfométricos nos ayudarán básicamente a conocer las características físicas de cada una de las cuencas.

A continuación de una manera resumida, se mencionan las principales características morfométricas de las cuencas mencionadas.

4.1. CUENCA RIO BOGOTA, SECTOR TIBITO - SALTO DE TEQUENDAMA

El área que cubre esta hoya es de 62.901 ha, donde esta acentuada la capital de la República. Dentro de esta se encuentran las subcuencas urbanas de Salitre (11.060 ha) y Fucha (12.740 ha). Tiene una forma ovalada - oblonga, presentando estrechamientos en la entrada y salida del río Bogotá a la cuenca. Con drenajes asimétricos, encontrándose el mayor número de afluentes importantes en la margen izquierda aguas abajo del cauce principal; estos drenajes no son muy largos.

En general, se puede afirmar que el área de la cuenca tiene una densidad baja de drenajes naturales, con tendencia a las inundaciones; sin embargo esta condición a cambiado, debido a las modificaciones hidráulicas en toda la cuenca y principalmente a lo largo del caudal del mismo río Bogotá.

4.2. CUENCA RIO TUNJUELITO

Del área total que cubre esta hoya hidrográfica (41.427 ha), en el presente estudio solo se tomó la subcuenca del bajo Tunjuelito con una extensión de 224.987 ha. Su forma es oval - oblonga; con drenajes con tendencia a ser simétricos; encontrándose un mayor número de afluentes importantes al comenzar dicha cuenca.

Se puede afirmar, de una manera general, que el área de la cuenca tiene una densidad media de drenajes naturales, con tendencia media en general de drenar las aguas del área de la cuenca.

4.3. CUENCA DEL RIO SOACHA

El área que cubre esta hoya hidrográfica es de 5.431 ha, la cual tiene una forma oval - oblonga, con drenajes con tendencia asimétrica y relativamente cortos.

En general, se puede afirmar que el área de la cuenca tiene una densidad media de drenajes naturales y con baja tendencia a las inundaciones.

4.4. CUENCA DEL EMBALSE DEL MUÑA

El área que cubre esta hoya hidrográfica es de 13.477 ha, con una forma entre una tendencia cuadrada y oblonga; presentando en nacimiento un área amplia. Presenta drenajes asimétricos muy cortos, encontrándose el mayor número de afluentes en la margen derecha aguas abajo del cauce principal.

En general, se puede afirmar que el área de la cuenca esta drenada por cauces estacionarios de primer orden que están tributando principalmente al mismo embalse y al río Aguas Claras. Tiene una densidad media de drenajes naturales, con una sección del canal principal que ofrece la capacidad necesaria para evacuar el caudal que se produce por lluvias, lo que arroja una tendencia baja a las inundaciones.

4.5. CUENCA DEL RIO BALSILLAS

El área total de dicha cuenca asciende a 67.127 ha; de las cuales solo se tomarán para el presente estudio 7.126 ha; equivalente a la zona baja del Balsillas (Luego de la confluencia de los ríos Bojacá y Subachoque).

Esta hoya hidrográfica presenta una forma oval - redonda a oval - oblonga, con drenajes asimétricos principalmente en la margen derecha aguas abajo del cauce principal del río Balsillas, donde se encuentra un relieve bastante inclinado.

En general, se puede afirmar que el área anteriormente mencionada esta drenada por cauces estacionarios de primer orden que están tributando al mismo cauce del río Balsilla directamente. Se presenta en general una densidad baja de drenajes naturales, con una sección del canal principal con suficiente capacidad necesaria para evacuar el caudal producido por las lluvias, lo que arroja una tendencia muy baja a las inundaciones. De otro lado están los canales del distrito de riego La Ramada que además de conducir las aguas también cumplen la función de la parte del área de la cuenca.

4.6. CUENCA RIO BOGOTA SECTOR SALTO TEQUENDAMA - APULO (1)

El área que cubre esta hoya hidrográfica es de 30.901 ha, con una forma oblonga - alargada, su drenaje es asimétrica, habiéndose el mayor número de afluentes importantes en la margen izquierda aguas abajo del cauce principal del río Bogotá.

La morfología de la cuenca se resume así:

Area total:	358 Km ²
Cota superior cuenca	2600 m.s.n.m.
Cota superior cauce	2600 m.s.n.m
Cota inferior cauce	450 m.s.n.m.
Longitud cauce	47 Km
Longitud cuenca	45 Km
Pendiente cauce	4.57 %
Pendiente cuenca	4,77 %

Resumiendo, se afirma que por la forma de la cuenca, esta puede controlar la velocidad con que el agua llega al cauce principal, lo que nos indica que la cuenca es menos propensa a tener una precipitación intensa simultáneamente sobre toda su superficie.

4.7. CUENCA DEL RIO APULO (2)

El área total que sobre la cuenca es de 51.531 ha., repartida en tres subcuencas: río Curí (28 % del territorio), el río Bahamón (14 %) y el río Apulo (58%); en nuestro estudio solo se tomaron las dos últimas subcuencas.

Presenta una forma oblonga, con un drenaje asimétrico encontrándose al mayor número de afluentes importantes en el margen derecho aguas abajo del cauce principal del río Apulo. Todas las corrientes de la cuenca drenan en sentido norte - sur.

Cuenca de segundo orden con respecto a la del río Bogotá.

En la parte alta por su topografía y pendientes se favorece los movimientos en masa de tipo planar. La altura máxima de la cuenca asciende a 3.238 m.s.n.m. y la altura mínima es de 421 m.s.n.m.

2) Plan de Manejo Forestal y de Control de Erosión. Cuenca Río Apulo. Subdirección técnica. C.A.R. 1988.

4.8. CUENCA DEL RIO CALANDAIMA (3)

El área que cubre dicha cuenca es de 26.469 ha., repartida en tres subcuencas: la quebrada Campos (15% del territorio), el río Lindo (31%) y el río Calandria (54%). Presenta una forma oval - redonda a oval - oblonga; con un rápido escurrimiento, una fuerte potencialidad erosiva, medianamente densa y mal drenada, muy susceptible a crecidas (especialmente por los ríos Lindo y Calandaima) y en general la parte hidrológica se asemeja al patrón de drenaje subdendrífico.

Las características físicas y de balance de la cuenca se resume así:

- Morfometría:

Area de la cuenca del río	:	276 Km ²
Area subcuenca quebrada Campos	:	85.83 Km ²
Area subcuenca río Lindo	:	40.94 Km ²
Perímetro total de la cuenca	:	79.5 Km
Ancho promedio	:	14.3 Km
Factor forma de la cuenca	:	0.75
Coefficiente de compacidad	:	1.36

3) Plan de Manejo Forestal y de Control de Erosión Cuenca Río Calandaima.
Subdirección técnica. C.A.R. 1991.

Altitud Media	:	1.135 m.s.n.m.
Mediana altitud	:	1280 m.s.n.m
Altura media	:	1560 m.s.n.m.
Pendiente media	:	36 a 19 %
Coefficiente de masividad	:	6.33

Hidrología : Caudal medio probable	:	4.93 m ³ /s
Caudal máximo registrado por aforo	:	127 m ³ /s

4.9. CUENCA RIO BOGOTA SECTOR BAJO BOGOTA (4)

El área que cubre dicha hoya hidrográfica es de 60.197 ha., con una forma oval - oblonga alargada; con un mediano escurrimiento, una mediana a leve potencialidad erosiva; medianamente densa y baja a medianamente drenada. Igualmente esta cuenca en general, en su parte hidrológica el patrón de drenaje se asemeja al subdendrítico.

La densidad de drenajes no es muy alta y la sección del canal principal ofrece la capacidad necesaria para evacuar el caudal que trae el río Bogotá y la producción en un evento de lluvia, las probabilidades de inundación se puede decir que es muy baja; más cuando los canales del distrito de riego Tocaima - Girardot ayudan para tal fin.

(4) Plan de Manejo Forestal y Control de Erosión Cuenca 19. Hidroconsulta Ltda. CAR 1990

(1) Plan de Manejo Forestal y Control de Erosión Cuenca 18. Subdirección Técnica. C.A.R. 1990
Relación de bifurcación de Horton (Rb)

No. de Orden	Quebrada El Carmen	1/2	2/3
1	24	4,8	
2	4		2
3	1	1	

Densidad de drenaje (Dd) de Horton

Para las diferentes subcuencas de esta hoya hidrográfica se resumen en el siguiente cuadro:

	Queb. El Carmen	Queb. S. Juana	Queb. Honda	Queb. Guallacana	Queb.S. Nombre	Queb. Zonia	Queb. Socota	Queb. La Maloca	Queb. Juan Lup	Queb. La Juana	Queb. La Tinta	Queb. Sta. Marta	Queb. S. Isla
1	24	17	60	6	9	27	53	6	8	19	6	37	11
2	4	6	13	2	2	8	6	1	2	4	2	11	1
3	1	2	4	1	1	2	1		1	1	1	1	
4		1	1			1							
5													
Rb	6.02	2.81	2.14	2.95	4.46	2.14	5.49	5.80	3.98	4.67	2.95	3.31	10.9

Subcuenca	Area Km ²	No. de Corrientes	Longitud de corrientes	Db
Q. El Carmen	13,35	3.0	22.80	1.71
Q. Santa Juana	13.78	4.0	26.00	1.89
Q. Honda	36.33	4.0	78.00	2.15
Q. Guallacana	6.43	3.0	9.00	1.40
Q. Sin Nombre	3.40	3.0	12.00	3.53
Q. Zonia	18.45	4.0	36.00	1.95
Q. Socotá	17.39	3.0	40.00	2.30
Q. Maloca	10.80	2.0	7.00	0.65
Q. Juan Largo	7.42	3.0	11.00	1.48
Q. Junca	14.00	3.0	24.00	1.71
Q. Tinta	9.14	3.0	9.00	0.98
Q. Santa Marta	22.79	3.0	49.00	2.15

y la producción en un evento de lluvia, las probabilidades de inundación se puede decir que es muy baja; más cuando los canales del distrito de riego Tocaima - Girardot ayudan para tal fin.

(4) Plan de Manejo Forestal y Control de Erosión Cuenca 19. Hidroconsulta Ltda. CAR 1990

PARTE SEIS

**CONCEPTO DE ESTABILIDAD DE LOS JARILLONES
ACTUALES, REALIZADO POR GÓMEZ CAJIAO Y CIA.**



GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS
INGENIEROS CONSULTORES

000171

CARRERA 21 No. 82 - 46
TEL. 6233090 / 3190 FAX 6233002
BOGOTA, COLOMBIA

GC-715-6367

25 de noviembre de 1997

26 NOV. 1997

001096

Doctora
RUTH CAMPUZANO
BOGOTANA DE AGUAS
Carrera 12A No. 83-75
Ciudad

Ref.: Jarillón Izquierdo del Río Salitre en lote de la futura
Planta de Tratamiento de Aguas Negras.

Estimada Doctora:

En atención a su solicitud relacionada con el suministro de los factores de seguridad del jarillón izquierdo del Río Salitre en la entrega del Río Bogotá, en inmediaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Negras, a continuación me permito indicar los resultados y análisis pertinentes, del mismo modo anexo a la presente remito los cálculos correspondientes.

El jarillón ha sido construido a una cota de corona igual a la 2.575 msm, con las siguientes características, corona de 4.00 m de ancho, taludes 2H/1V, cimentación sobre nivel 2.572 (terreno original).

En esencia, los niveles de protección con el jarillón mencionado corresponden a un evento no excedido nunca por los registros históricos de las aguas del Río Bogotá, durante el período 1973-1990 en la estación Vuelta Grande, según el cual el nivel máximo corresponde a la 2.573.50 (Ver anexo Fig. 31, Frecuencia de Niveles del Río a Nivel Multianual).

Desde el punto de vista geotécnico, los factores de seguridad del jarillón en asunto corresponden a valores de 1.78 a 2.02 para el corto plazo y factores entre 1.87 y 2.80 para el largo plazo.

En consecuencia, de los resultados del análisis hidrológico y geotécnico se concluye que la estabilidad del jarillón del Río Salitre o Juan Amarillo en la zona de la futura Planta de Tratamiento de Aguas Negras, es satisfactoria tanto en el corto como en el largo plazo.

Atentamente,

GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS S. A.

MARTHA ADRIANA OBANDO

Anexo: Lo anunciado.

MAO/ayc.



GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS
INGENIEROS CONSULTORES

MEMORANDO

De: Fabián Alvarez
Para: Jorge Acosta
Asunto: Jarillón Planta de Tratamiento de Aguas Negras

No.: GC-715-6368
Fecha: 25 de noviembre de 1997
Hoja: 1 de 3

De acuerdo con su solicitud se ha revisado la estabilidad del jarillón localizado al frente de la futura Planta de Tratamiento de Aguas Negras El Salitre.

1. PARAMÉTROS DEL SUELO

Con base en las perforaciones BMS-25, BMS-26, SIR-2, y SRB-19 se tienen los siguientes perfiles de resistencia del suelo. Estos perfiles son presentados en el libro de Memorias de Cálculo de los Estudios Geotécnicos de Troncal Salitre - Parte II - Volumen 2 - Sector C, realizado por Gómez, Cajiao y Asociados - Montgomery Watson para la EAAB en Septiembre de 1993.

PERFIL 1

Este perfil ha sido utilizado para estudiar la estabilidad del jarillón a corto plazo. La caracterización simplificada de este perfil se presenta a continuación:

Profundidad m	Cota m	Peso Unitario Total t/m3	Resistencia al Corte no Drenada, t/m2	USCS
0.00 - 3.00	2572-2569	1.80	5.0	CH-MH
3.00 - 8.00	2569-2564	1.70	2.5	MH-CH
>8.00	<2564	1.31	4.5	MH-CH

PERFIL 2

Este perfil ha sido utilizado para estudiar la estabilidad del jarillón a largo plazo. La caracterización simplificada de este perfil se presenta a continuación:

Profundidad m	Cota m	Peso Unitario Total t/m3	C' t/m2	F'	USCS
0.00 - 3.00	2572-2569	1.80	2.7	21	CH-MH
3.00 - 8.00	2569-2564	1.70	1.2	21	MH-CH
>8.00	<2564	1.31	1.7	20	MH-CH

MATERIAL DEL JARILLON

En el material de relleno del jarillón se consideraron los siguientes parámetros:

- **Condición a Corto Plazo**

Peso Unitario Total t/m ³	Resistencia al Corte no Drenada, t/m ²	USCS
1.90	2.0	CH-MH

- **Condición a Largo Plazo**

Peso Unitario Total t/m ³	C' t/m ²	F'	USCS
1.90	1.2	21	CH-MH

2. ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Se hicieron análisis de estabilidad a corto y largo plazo con el fin de chequear la estabilidad actual y futura del jarillón.

La tabla que se muestra a continuación presenta los factores de seguridad obtenidos:

Condición de Análisis	Metodología	F.S.	Observaciones
Corto Plazo	Janbu Irregular	1.78	Superficie de falla profunda que involucra al canal. Se considera el jarillón como sobrecarga
Corto Plazo	Janbu Circular	1.80	Superficie de falla profunda que involucra al canal. Se considera el jarillón como sobrecarga
Corto Plazo	Bishop Circular	2.02	Superficie de falla profunda que involucra al canal. Se considera el jarillón como sobrecarga
Corto Plazo	Janbu circular	2.79	Superficie de falla que estudia la estabilidad propia del jarillón
Largo Plazo	Janbu circular	1.87	Superficie de falla profunda que involucra al canal. Se considera el jarillón como sobrecarga
Largo Plazo	Janbu irregular	2.00	Superficie de falla profunda que involucra al canal. Se considera el jarillón como sobrecarga *
Largo Plazo	Bishop circular	2.09	Superficie de falla profunda que involucra al canal. Se considera el jarillón como sobrecarga

No. GC-715-6368
Hoja: 3 de 3

Largo Plazo

Janbu circular

2.80

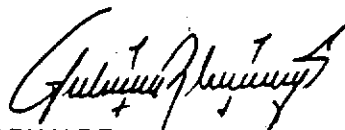
Superficie de falla que estudia la
estabilidad propia del jarillón

Los resultados de los análisis realizados se muestran gráficamente en el Anexo No. 1 que contiene las Memorias de Cálculo correspondientes.

3. CONCLUSION

Con base en los análisis realizados, se puede concluir que teniéndose un factor de seguridad mínimo de 1.78, la estabilidad del jarillón de la futura Planta de Tratamiento de Aguas Negras El Salitre es satisfactoria a corto y a largo plazo.

Atentamente,



FABIAN RENE ALVAREZ SIERRA

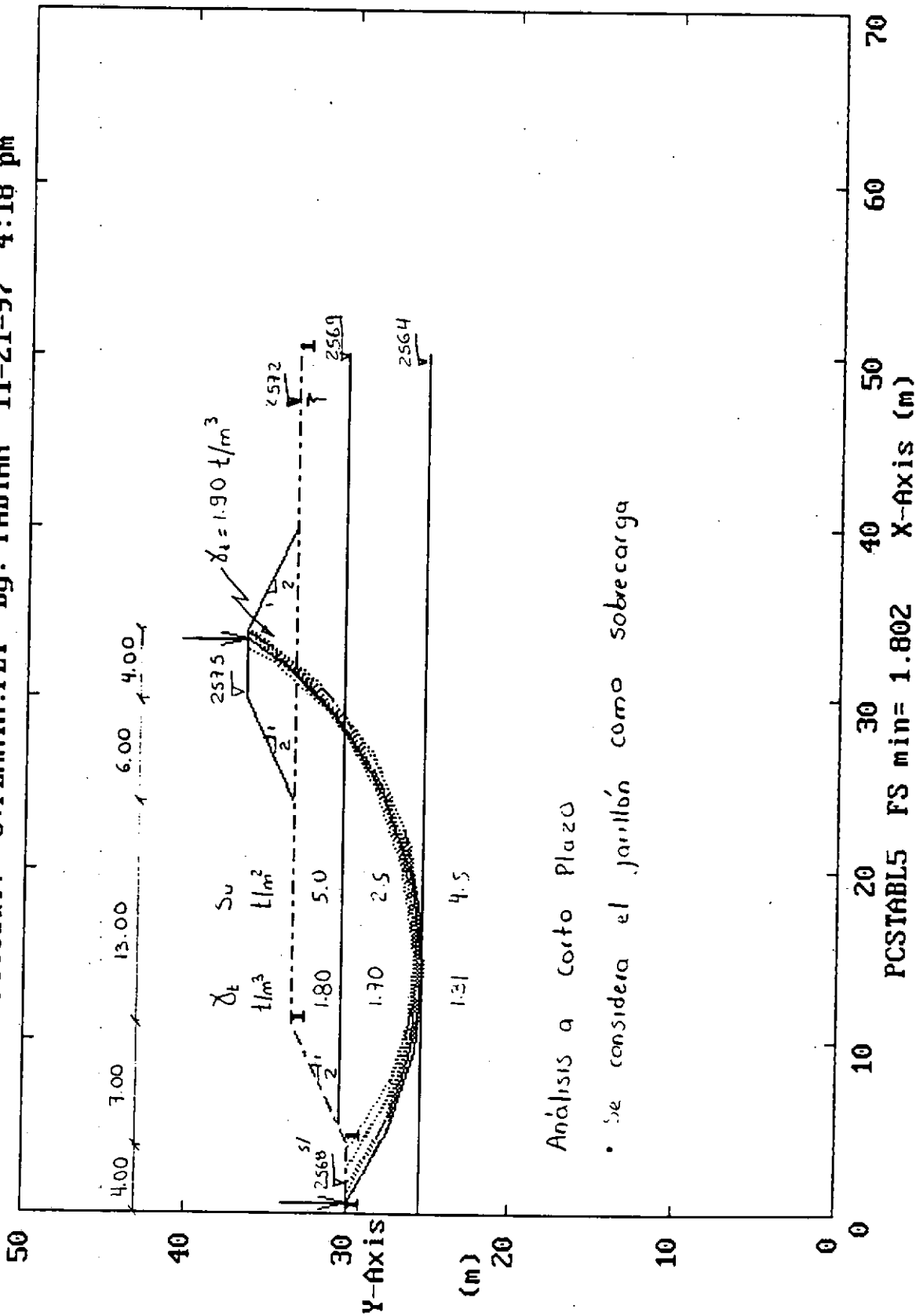
Anexo: lo anunciado

c.c. Dra. Martha Adriana Obando ✓

ANEXO No. 1
MEMORIAS DE CALCULO

**ANALISIS DE ESTABILIDAD
CONDICION A CORTO PLAZO**

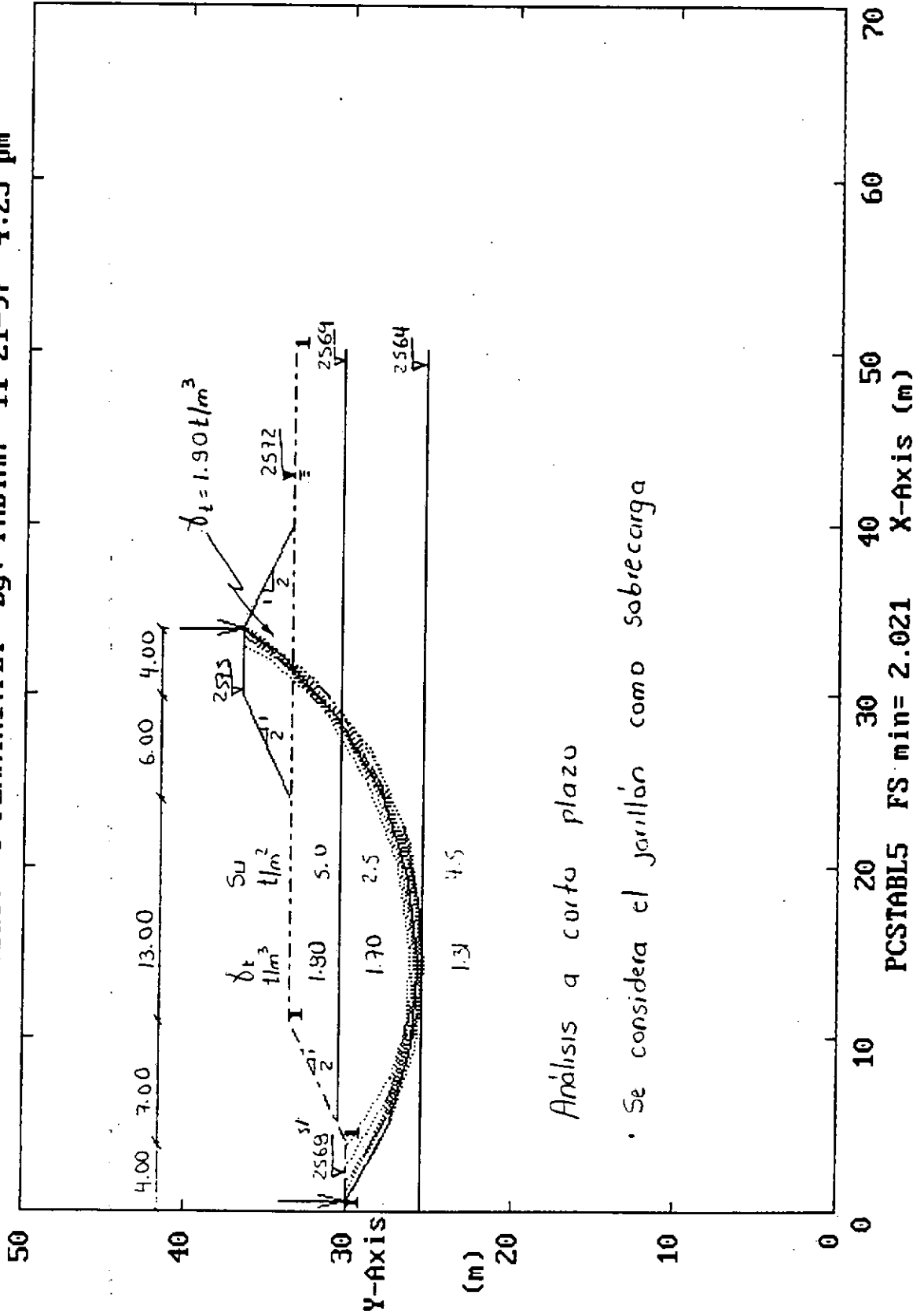
JARILLON FUTURA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS EL SALITRE - CORTO PLAZO
 Ten Most Critical. C: PLANTA.PLT By: FABIAN 11-21-97 4:18 pm



JARIBO CIRCULAR

PCSTABLES FS min= 1.802

JARILLON FUTURA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS EL SALITRE - CORTO PLAZO
 Ten Most Critical. C:PLANTA1.PLT By: FABIAN 11-21-97 4:23 pm



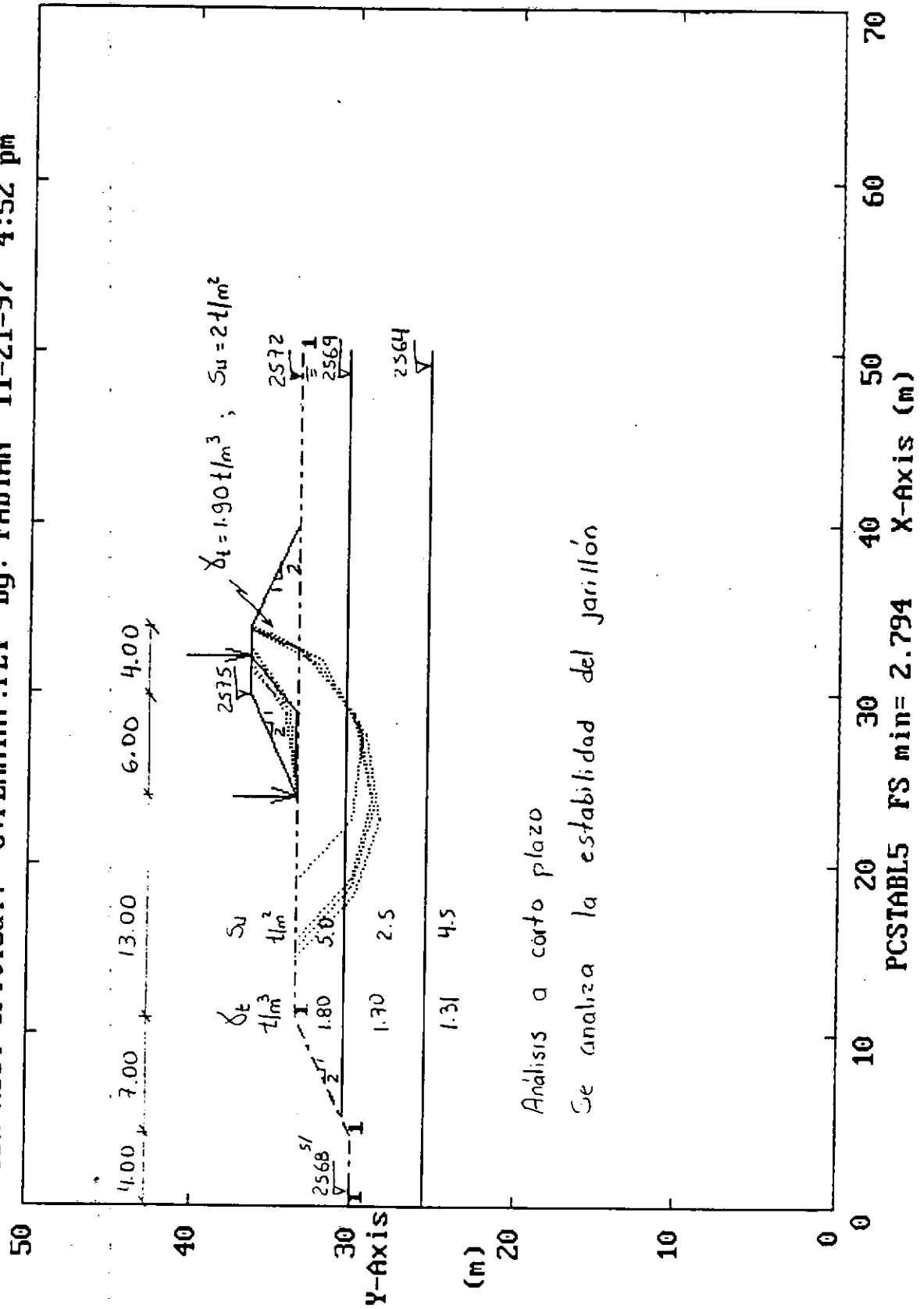
Análisis a corto plazo

Se considera el jarillón como sobrecarga

PCSTABLES FS min= 2.021

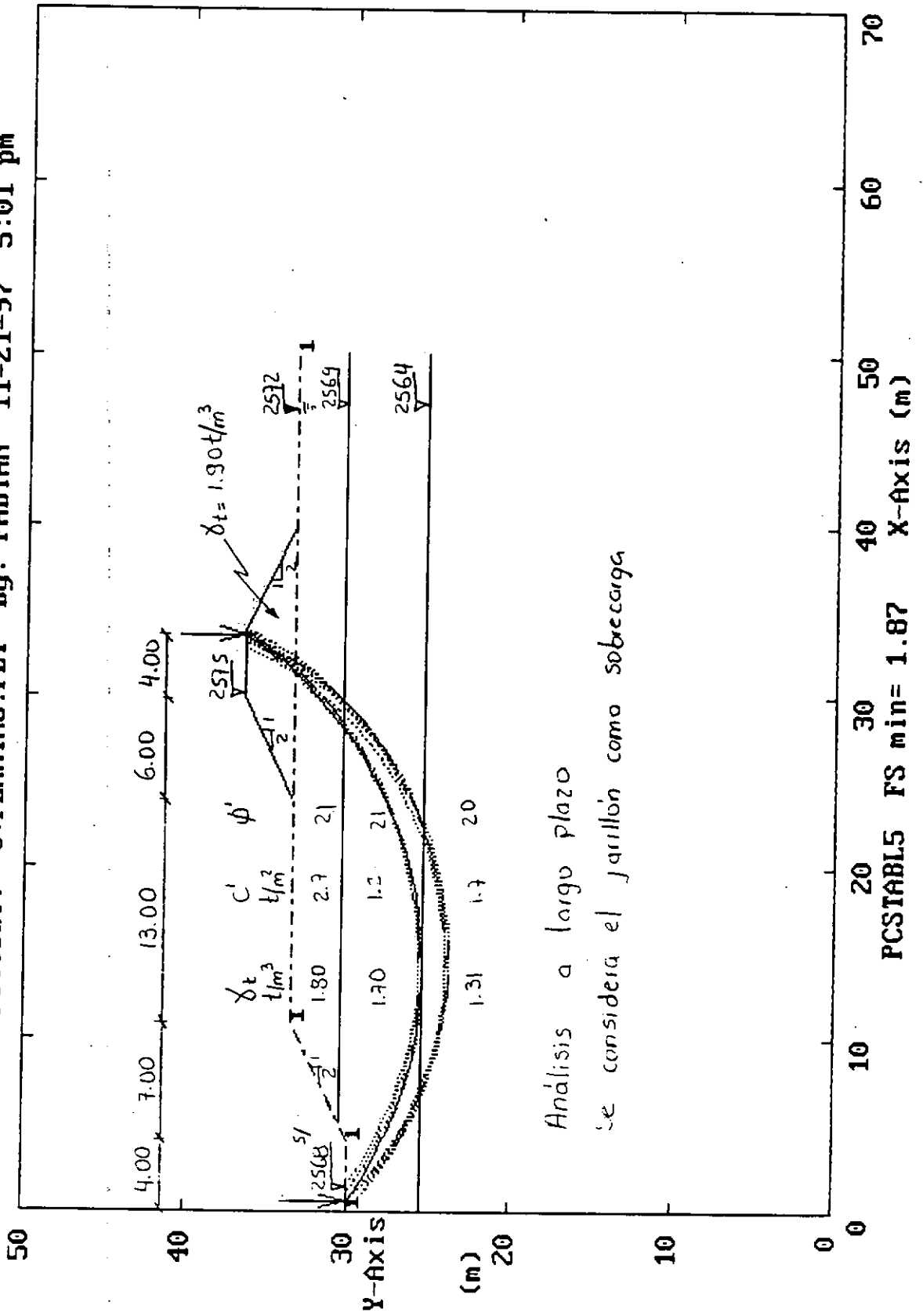
Bishop Circular

JARILLON FUTURA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS EL SALITRE - CORTO PLAZO
 Ten Most Critical. C:PLANTA7.PLT By: FABIAN 11-21-97 4:52 pm

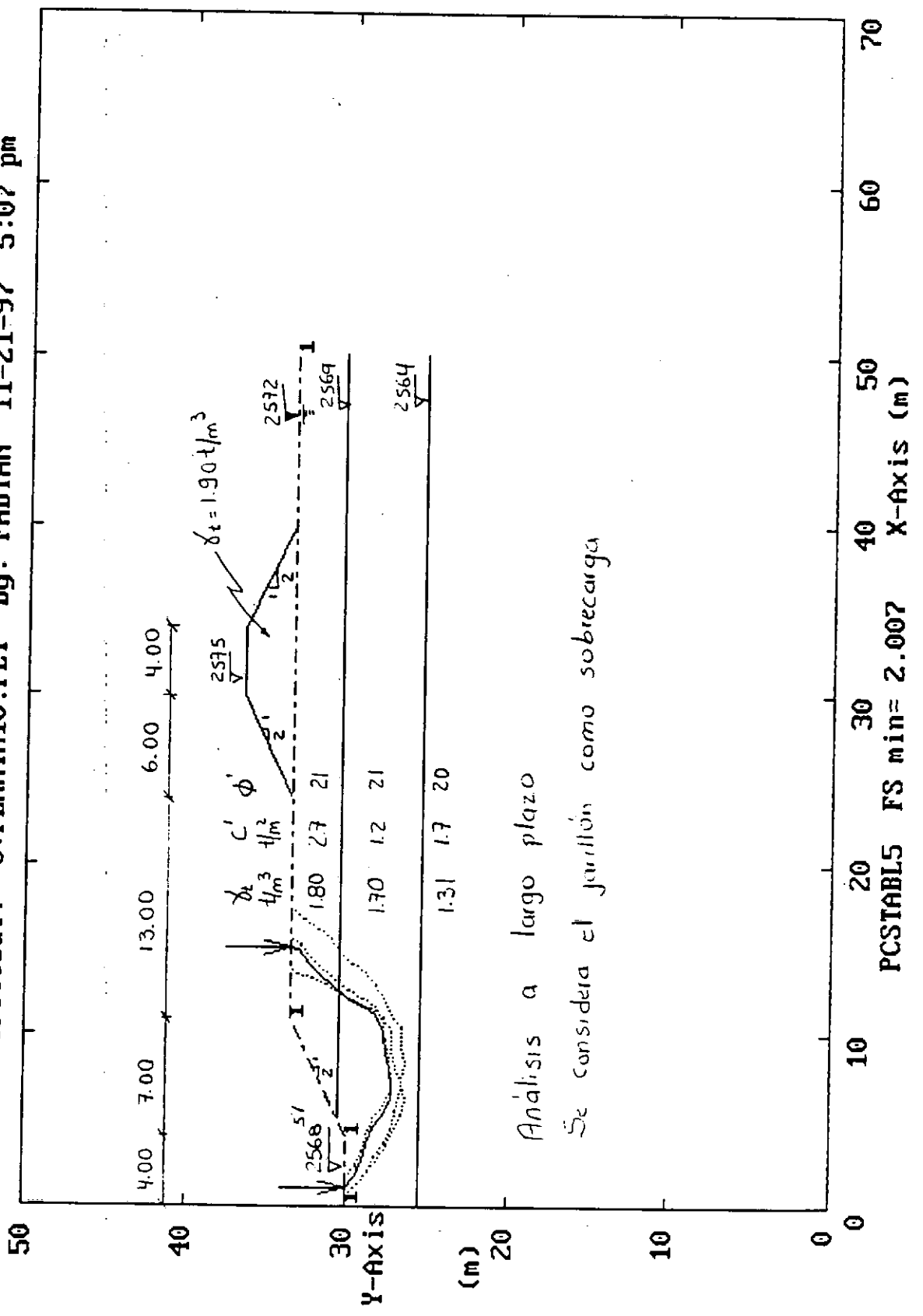


**ANALISIS DE ESTABILIDAD
CONDICION A LARGO PLAZO**

JARILLON FUTURA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS EL SALITRE - LARGO PLAZO
 Ten Most Critical. C:PLANTAB.PLT By: FABIAN 11-21-97 5:01 pm



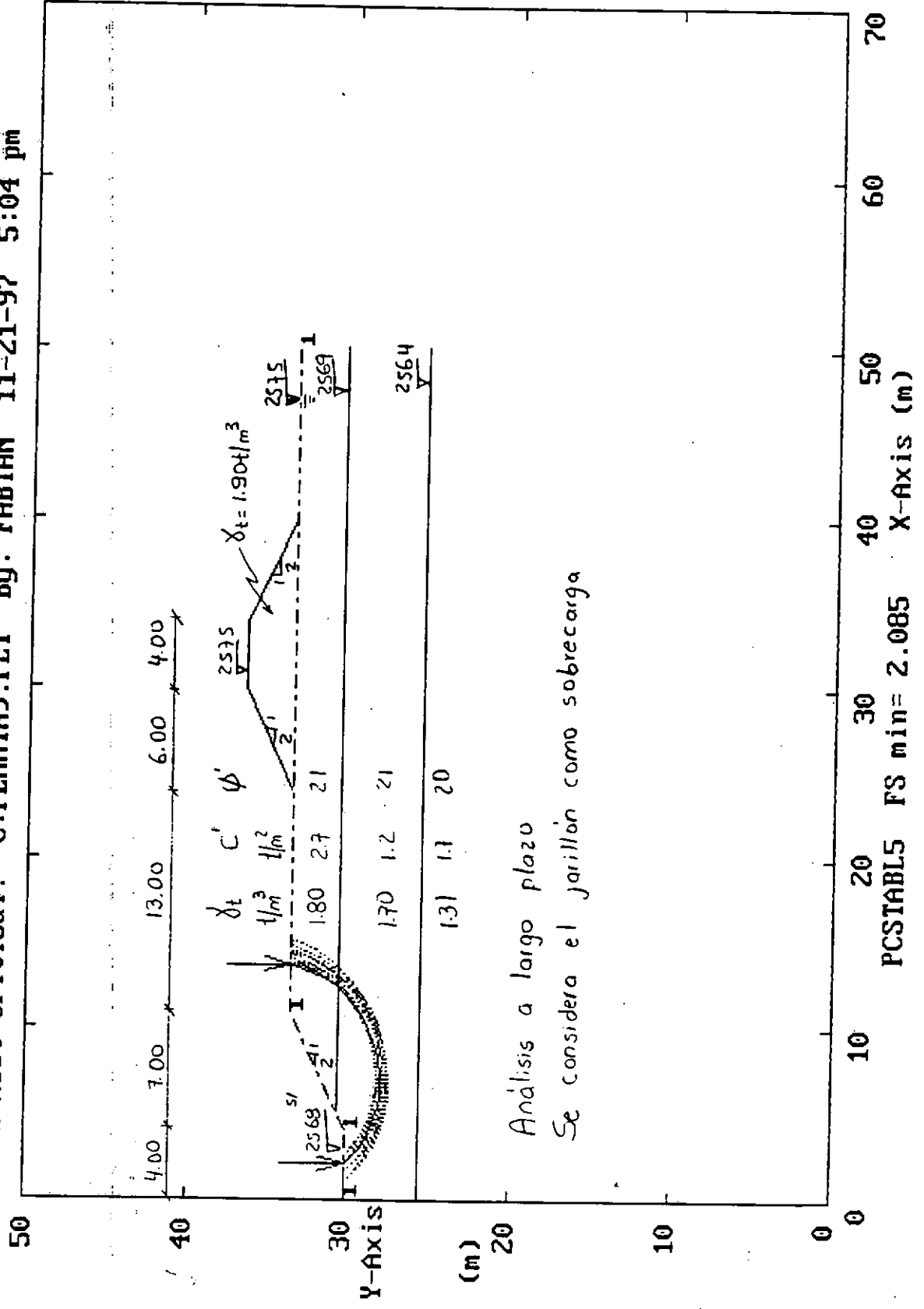
JARILLON FUTURA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS EL SALITRE - LARGO PLAZO
 Ten Most Critical. C:PLANTA10.PLT By: FABIAN 11-21-97 5:07 pm



Analisis a largo plazo
 Se considera el jarillon como sobrecarga

borbo irregular

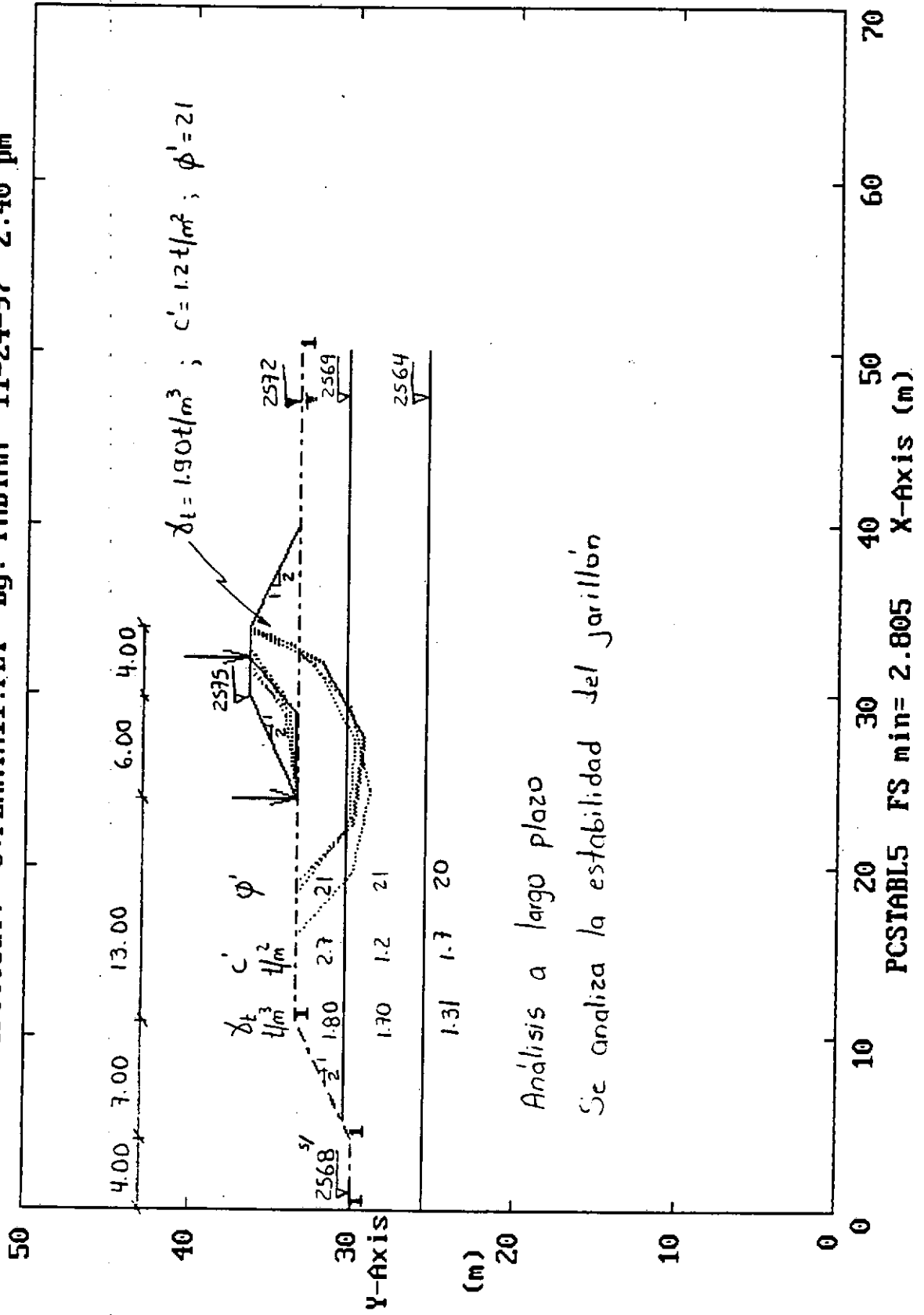
JARILLON FUTURA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS EL SALITRE - LARGO PLAZO
 Ten Most Critical. C:PLANTA9.PLT By: FABIAN 11-21-97 5:04 pm



Análisis a largo plazo
 Se considera el jarillon como sobrecarga

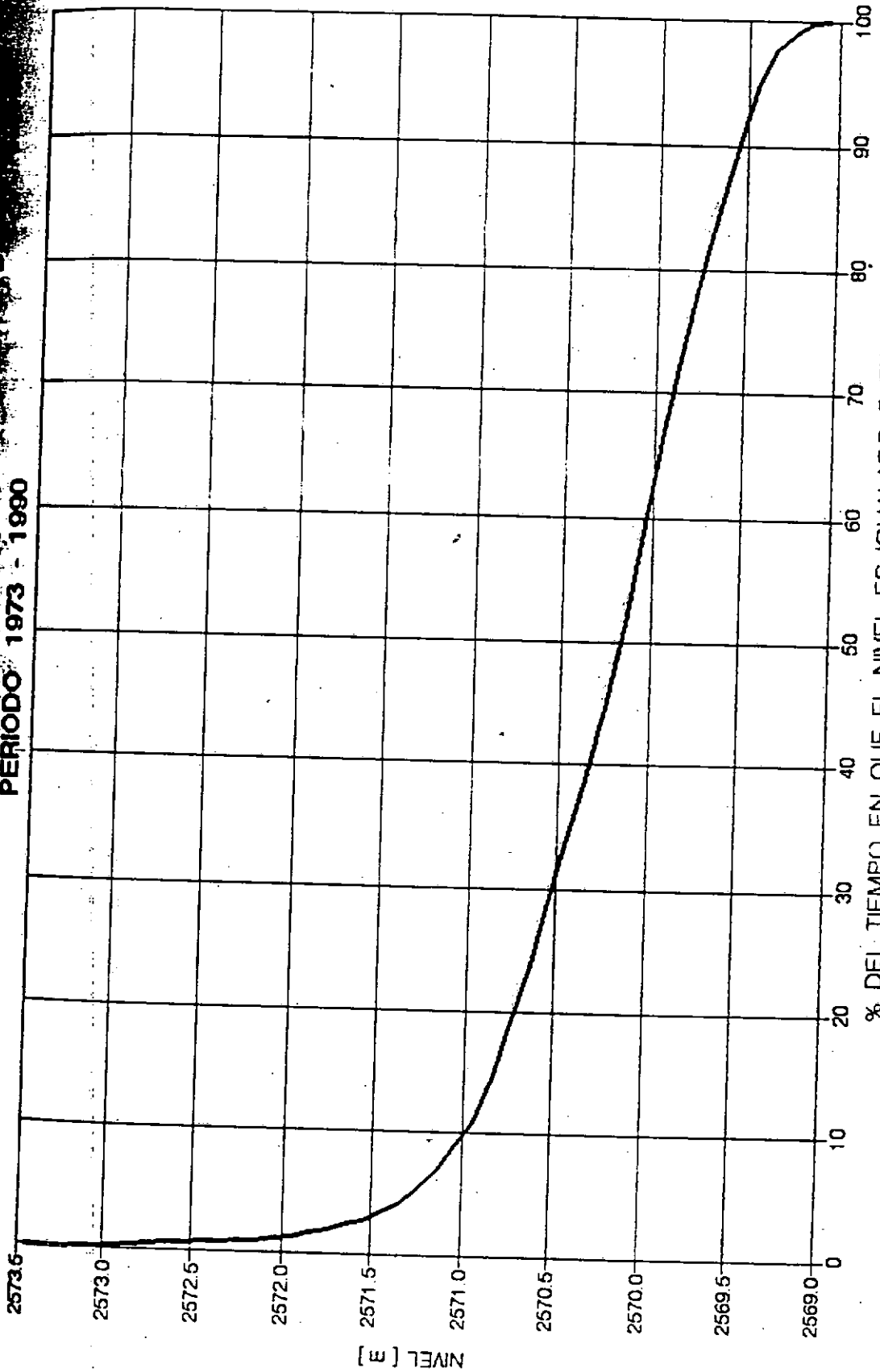
Bisher curules

JARILLON FUTURA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS EL SALITRE - LARGO PLAZO
 Ten Most Critical. C: PLANTA 11. PLT By: FABIAN 11-24-97 2:40 pm



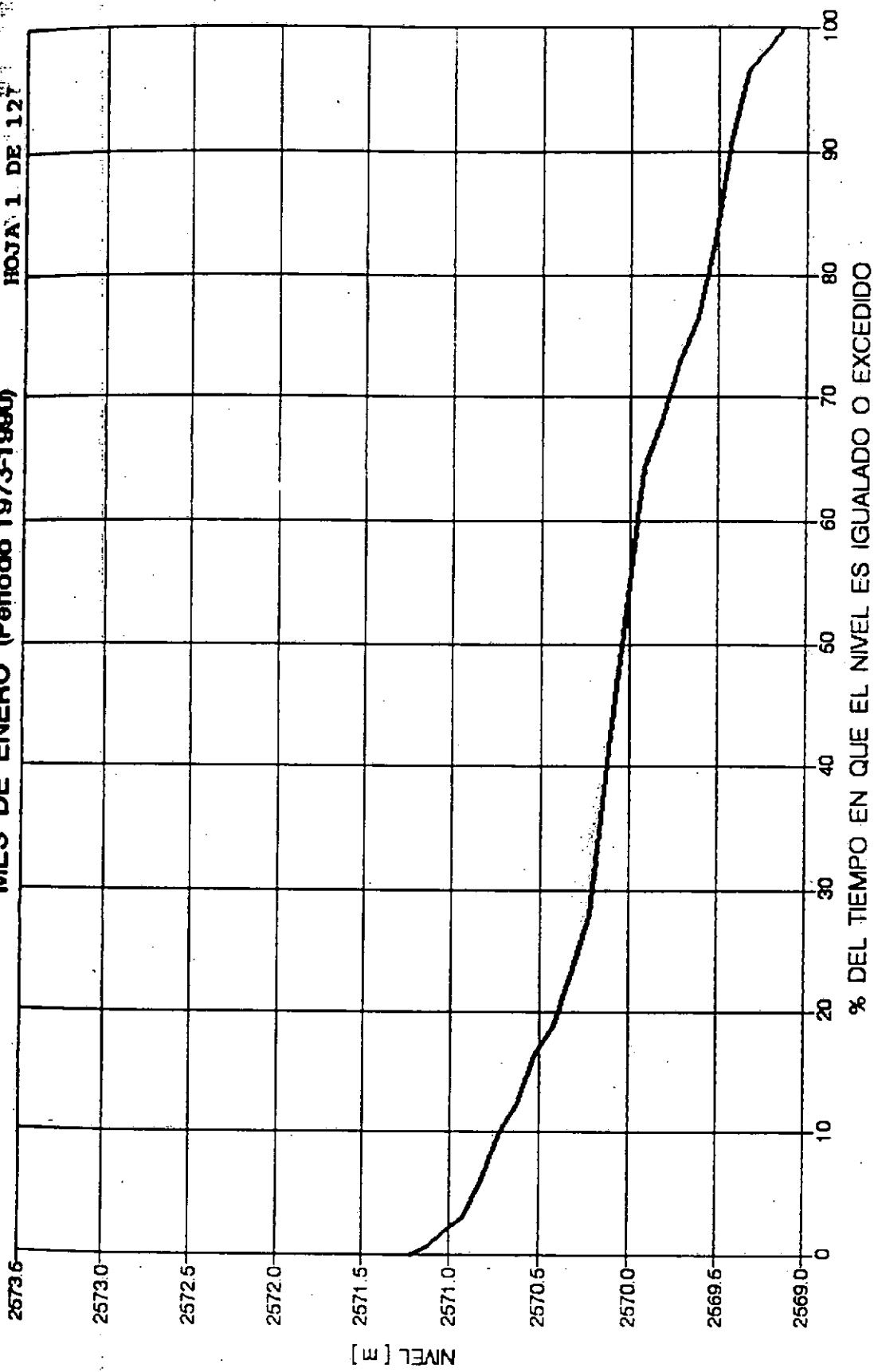
jarillón estabilizado

PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO
RIO BOGOTÁ - NIVELES ESTACION MUESTA GRANDE - CIUDAD DE BOGOTÁ
PERIODO 1973 - 1990



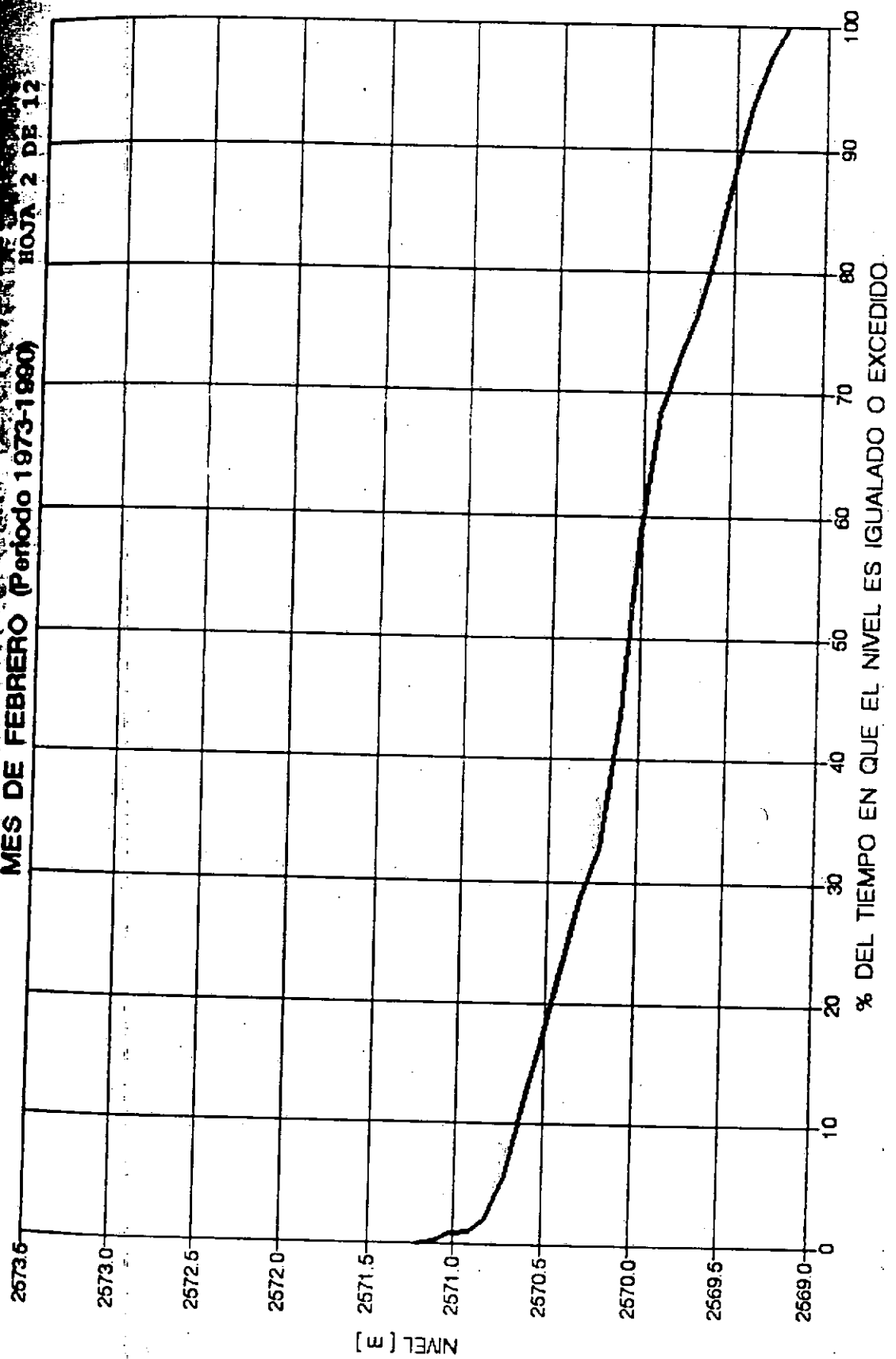
Estas figuras forman parte del informe No. 500-64-165 "Control de Inundaciones del Río Bogotá - Obras en el Jarillón Izquierdo" presentado a la Empresa en desarrollo del Estudio del Plan Maestro de Alcantarillado.

PLAN MAESTRO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL RÍO BOGOTÁ - NIVELES ESTACIÓN WUERTA GRANDE - CURVA DE DURACIONES
MES DE ENERO (Período 1973-1980)
HOJA 1 DE 127

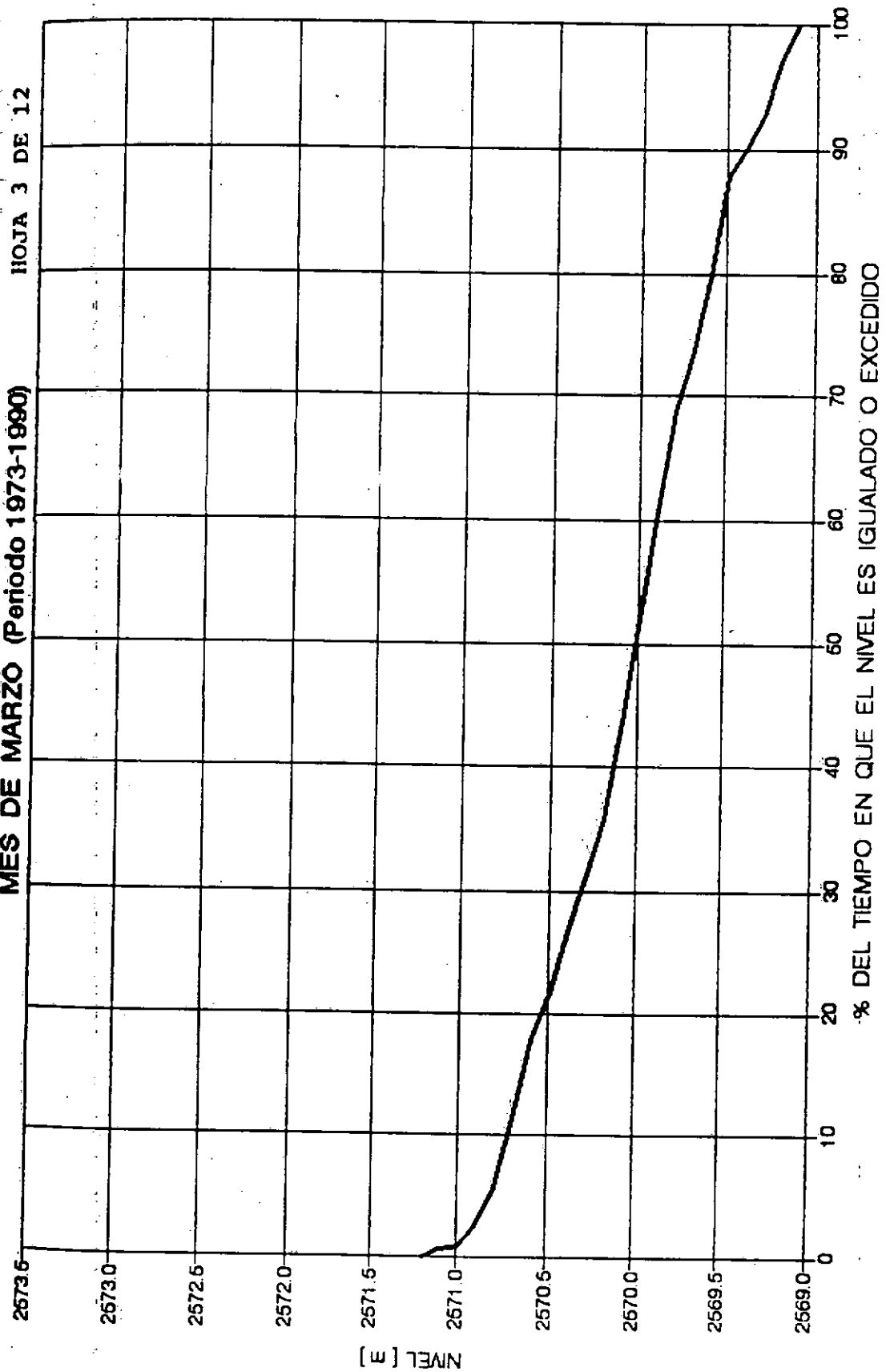


NIVEL [m]

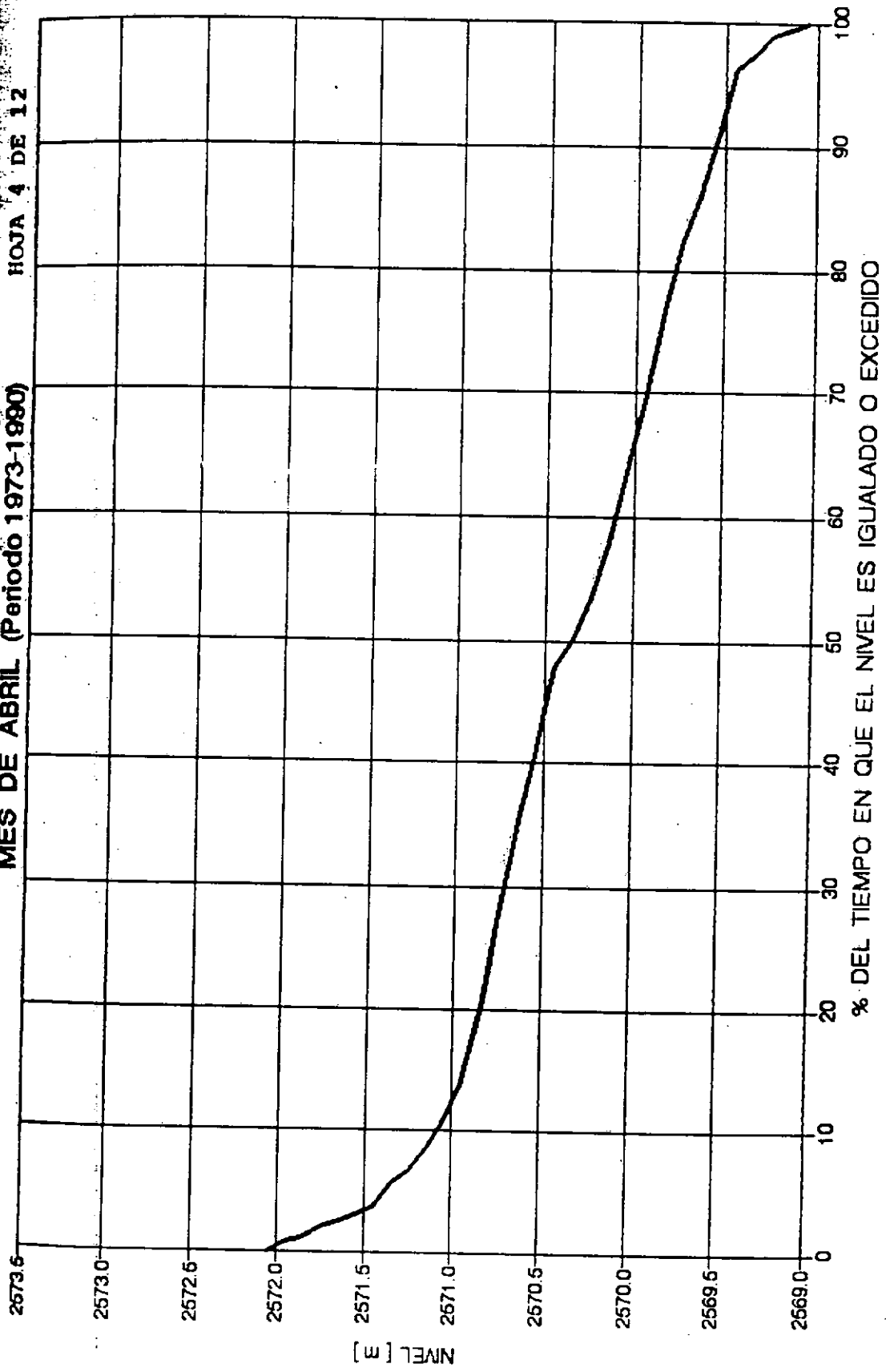
PLAN MAESTRO DE ALICANTAS PRECIPITADAS
PROYECTO: NIVELES ESTACION WUELA GRANDE - CUBA DE BARRAJA
MES DE FEBRERO (Período 1973-1980) HOJA 2 DE 12



FLANIMESTRO DE MONTAÑA LLANO DE BOGOTÁ
RIO BOGOTÁ - NIVELES ESTACION VUELTA GRANDE - CURVA DE DURACION
MES DE MARZO (Periodo 1973-1990) HOJA 3 DE 12



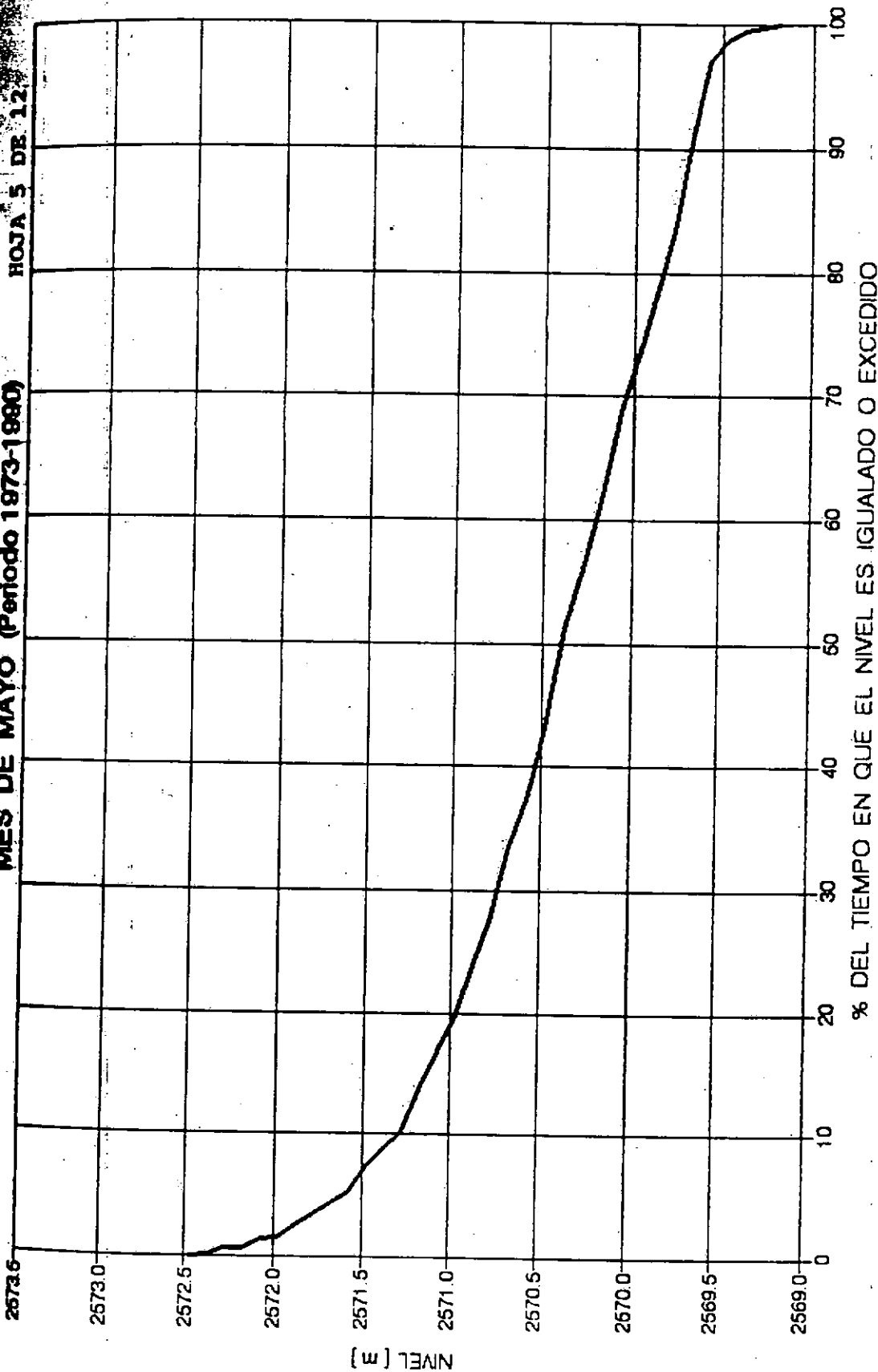
PLAN MAESTRO DE ALIGNACION DE LA LINEA DE FERROCARRIL
RIO BOGOTA - NIVELES ESTACION VUELTA GRANDE - CURVA DE DERIVACION
MES DE ABRIL (Periodo 1973-1980) HOJA 4 DE 12



NIVEL [3]

PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ
RIO BOGOTÁ - NIVELES ESTACION VENTA GRANDE - CURVA DE DISEÑO

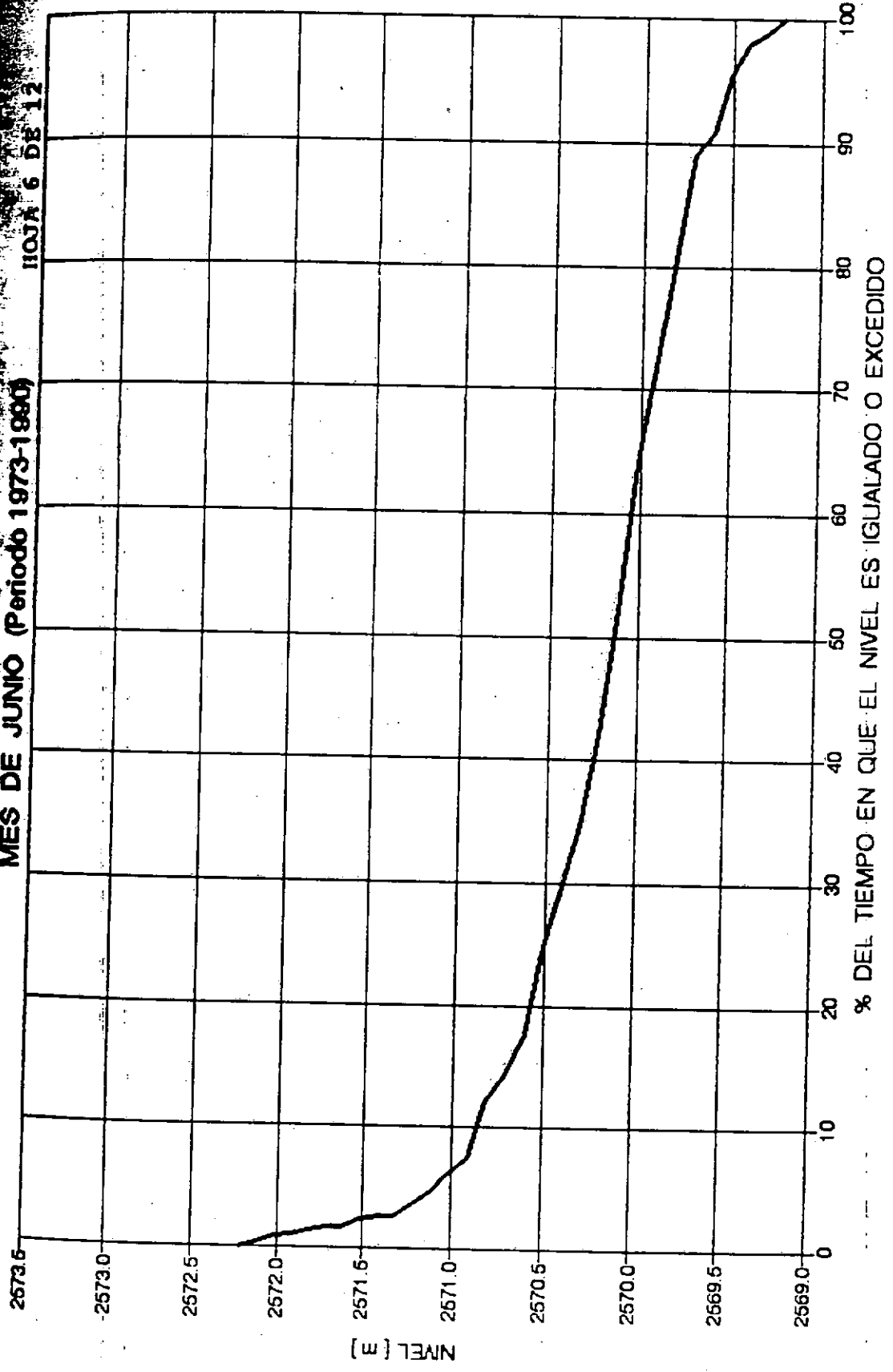
MES DE MAYO (Período 1973-1980)



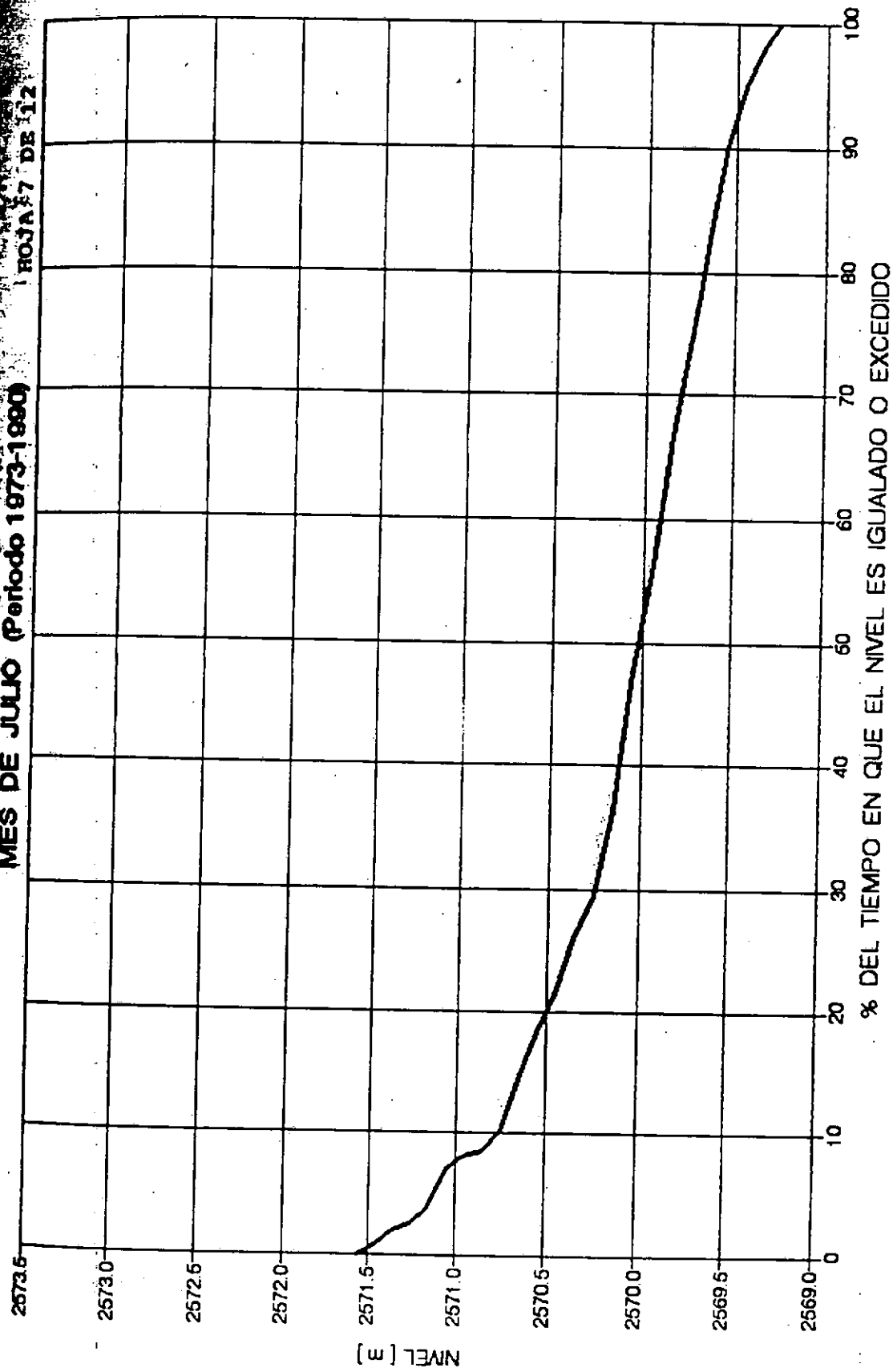
PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ
RIO BOGOTÁ - NIVELES ESTACION VUETA GRANDE - CURVA DEL NIVEL

MES DE JUNIO (Periodo 1973-1980)

HOJA 6 DE 12



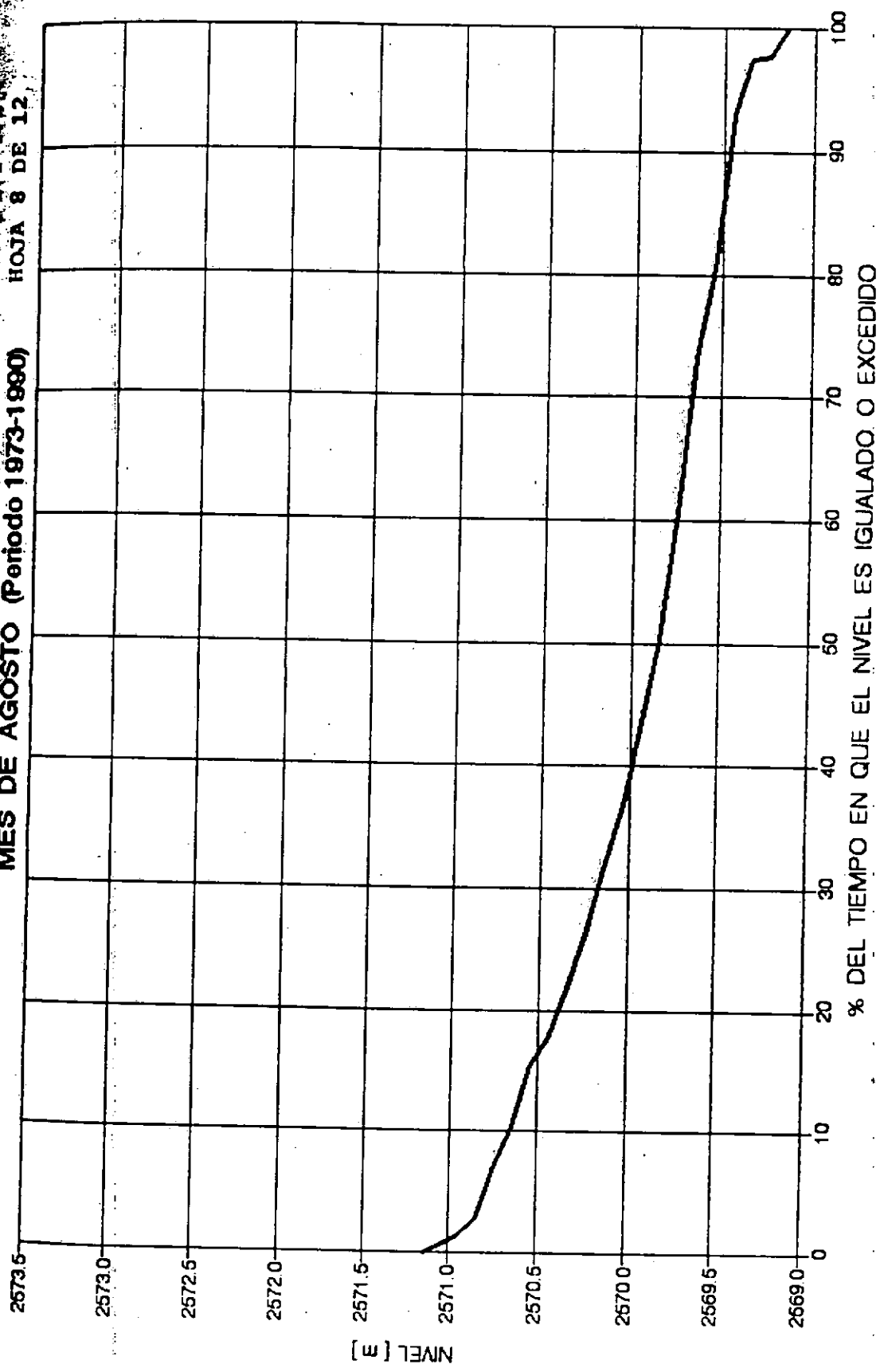
PLAN MAESTRO DE ANILLOS DE LA CUBA DE BOGOTÁ
MES DE JULIO (Período 1973-1990)
HOJA 7 DE 12



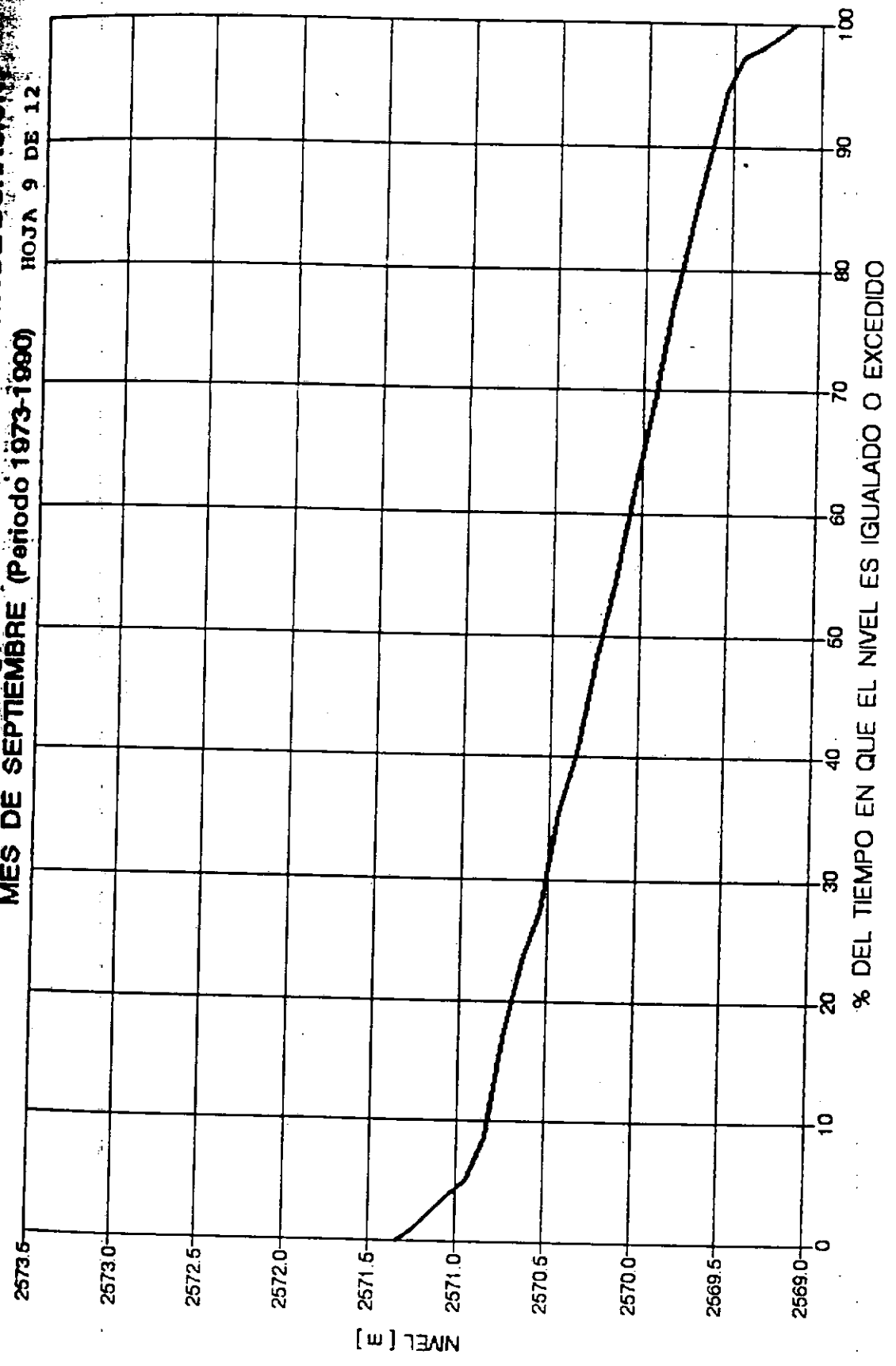
Nivel [m]

% DEL TIEMPO EN QUE EL NIVEL ES IGUALADO O EXCEDIDO

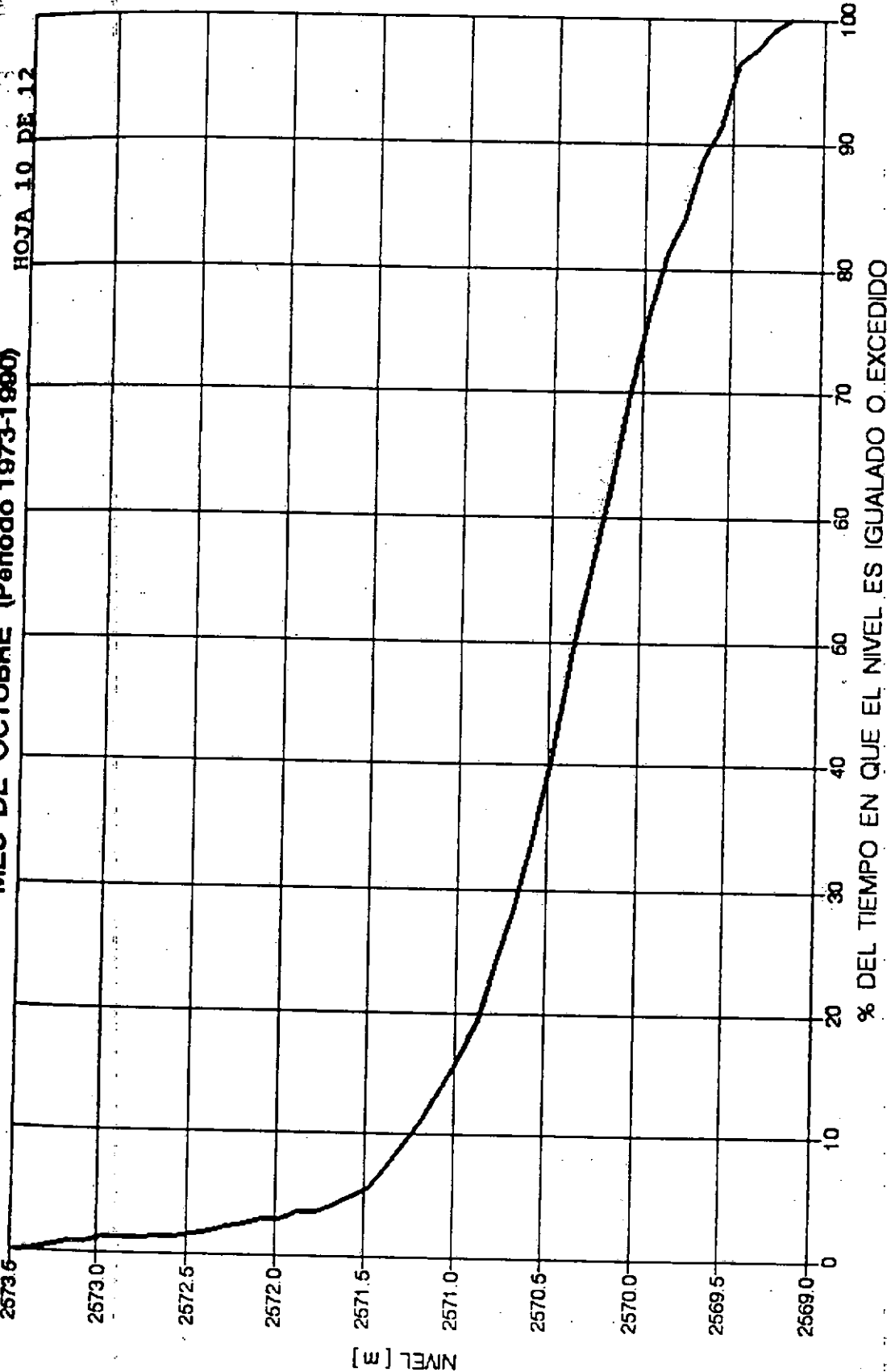
PLAN MAESTRO DE OBRAS DEL RÍO BOGOTÁ - NIVELES, ESTACION VUELTA GRANDE - CURVA DE DISTRIBUCIÓN
MES DE AGOSTO (Período 1973-1990) HOJA 8 DE 12



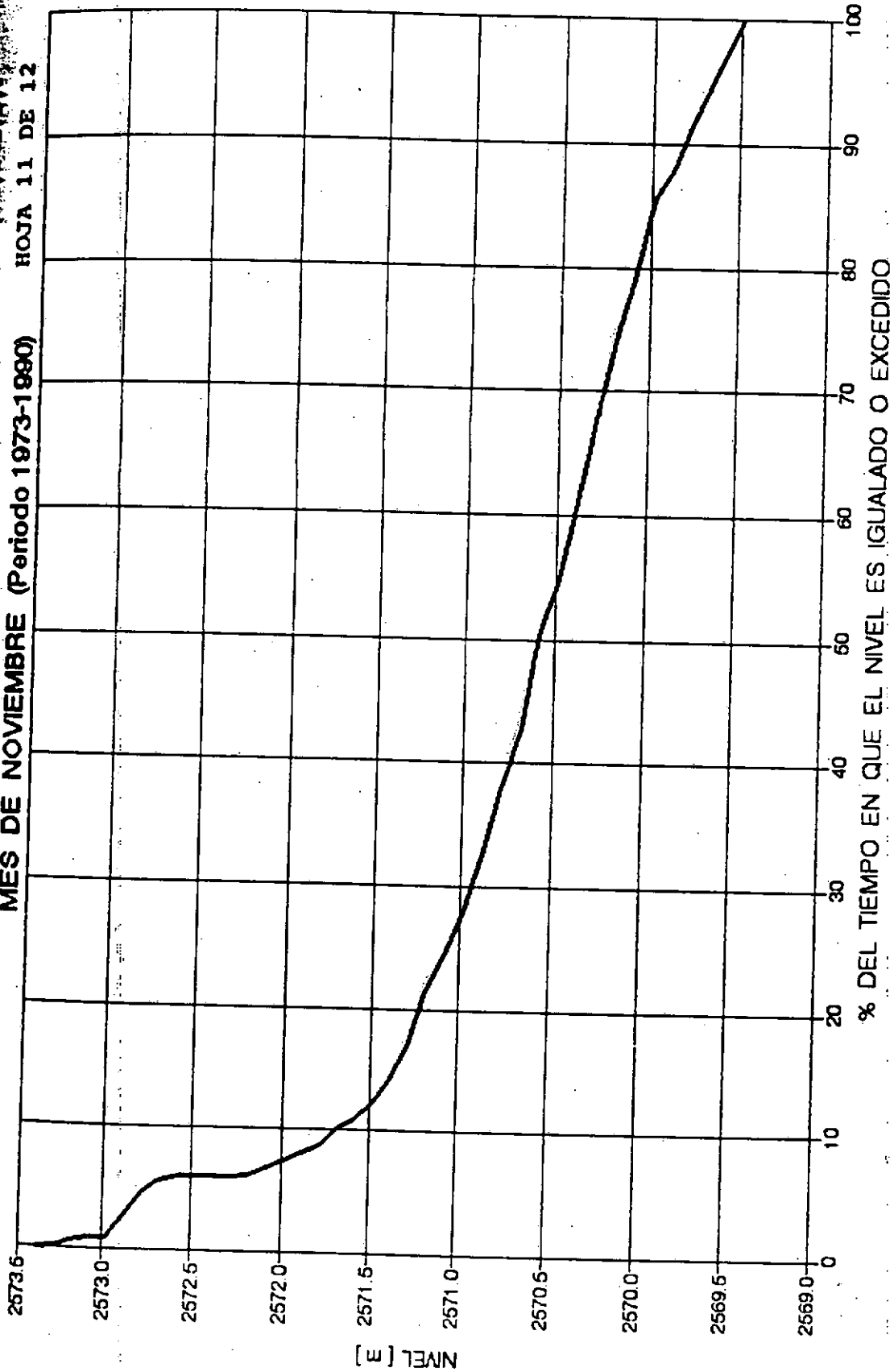
PLAN MAESTRO DE ALICANTAMIENTO DE LA CARRERA DE
RIO BOGOTA - NIVELES ESTACION VUELTA GRANDE - CURVA DE DURACION
MES DE SEPTIEMBRE (Periodo 1973-1990) HOJA 9 DE 12



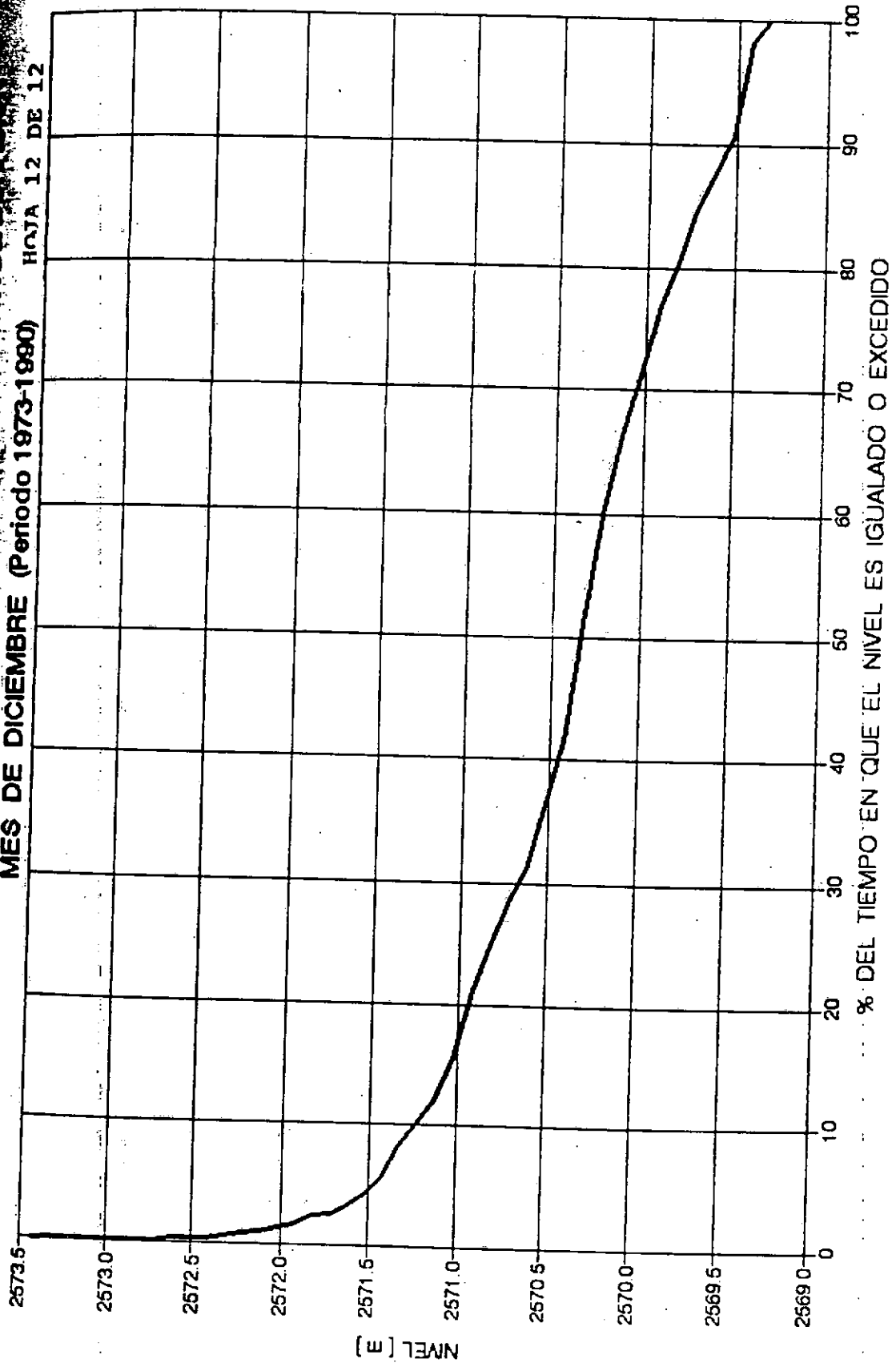
PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ
RÍO BOGOTÁ - NIVELES ESTACION VUELTA GRANDE - CURVA DE DURACION
MES DE OCTUBRE (Período 1973-1990)



PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ
RIO BOGOTÁ - NIVELES ESTACION VUELTA GRANDE - CURVA DE DURACION
MES DE NOVIEMBRE (Periodo 1973-1980) HOJA 11 DE 12

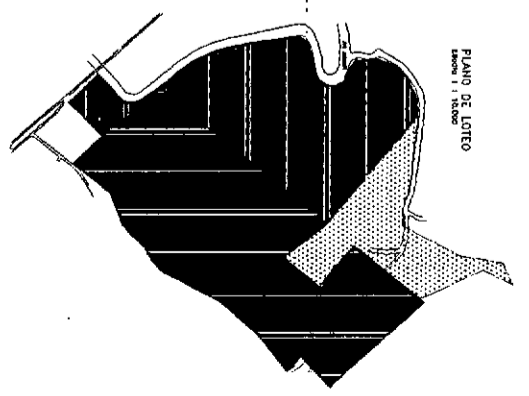
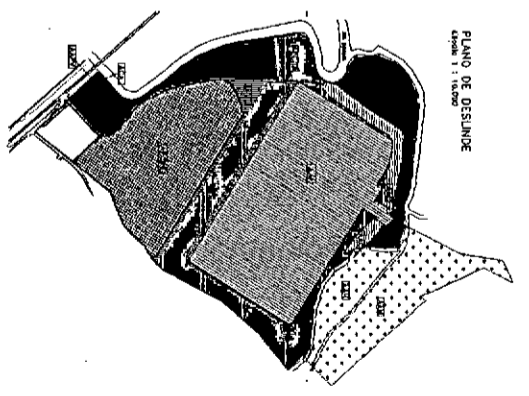


PLAN MAESTRO DE ALICANTARILLAS DEL RÍO BOGOTÁ - NIVELES ESTACION VUELTA GRANDE - CURVA DE DISTRIBUCIÓN
MES DE DICIEMBRE (Período 1973-1980) HOJA 12 DE 12



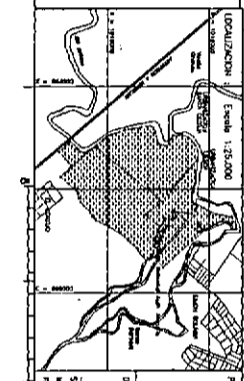
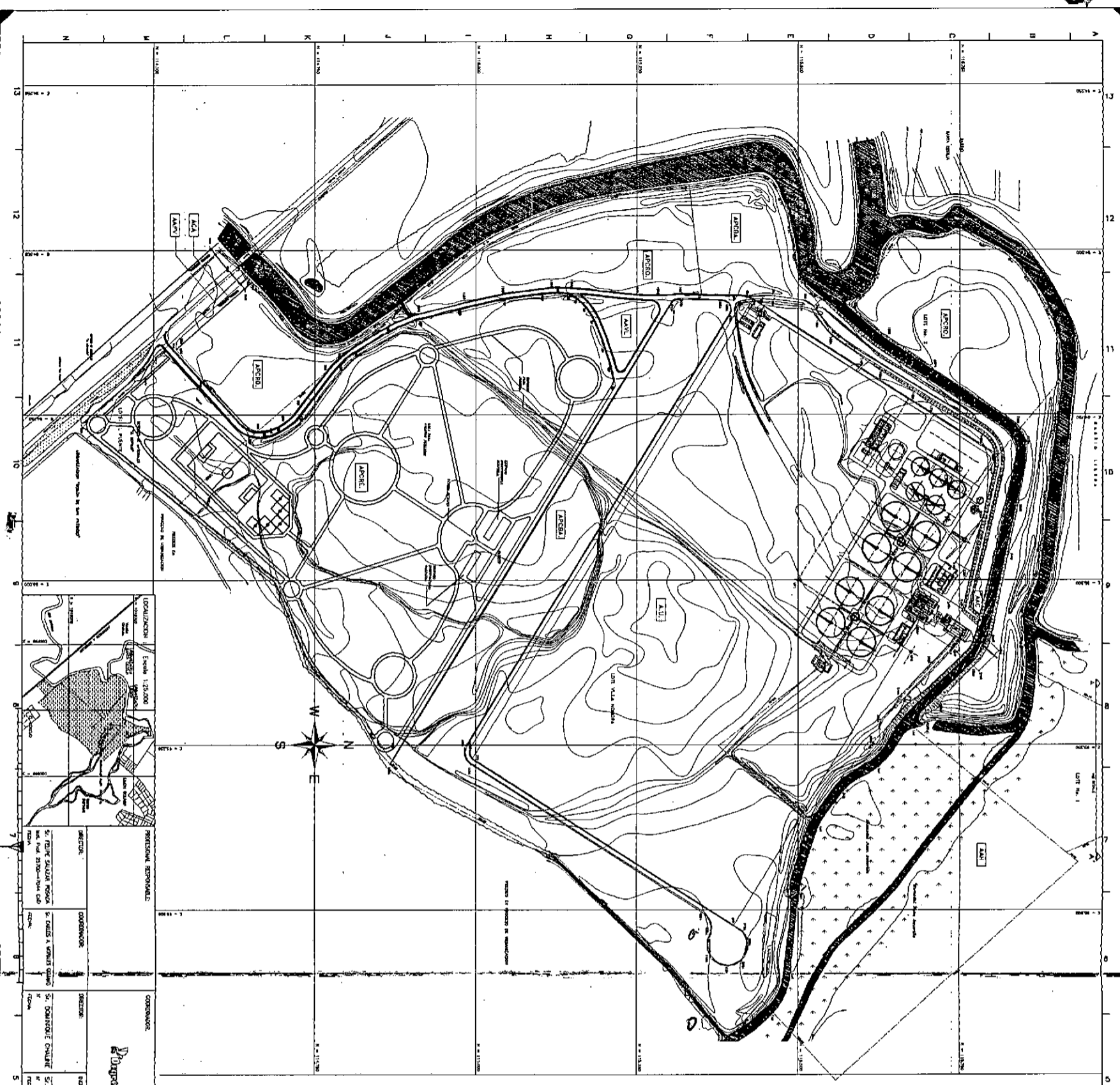
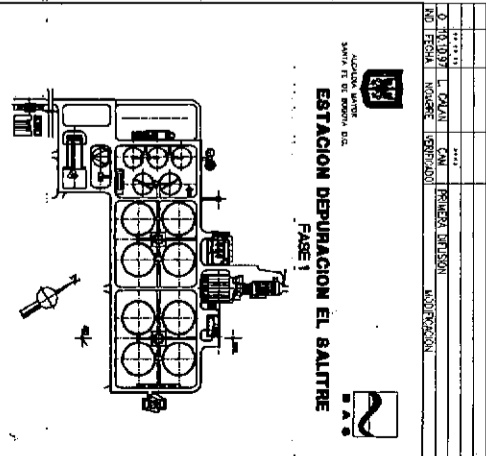
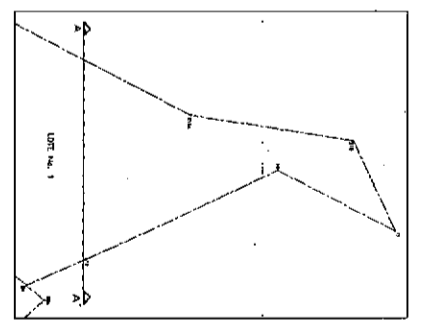
PARTE SIETE

PLANO URBANÍSTICO/TOPOGRÁFICO PARA EL PROYECTO



CUADRO GENERAL DE AREAS

CONTRATOS	NO. DE AREA	AREA (M ²)	%
AREA DE PROTECCION DEL VAL	1	1.548.00	0,12
AREA DE PROTECCION VAS DORADOS	2	41.028.00	3,26
AREA DE CANALIZACION	3	1.488.00	0,12
AREA DE PROTECCION CANAL	4	40.100.00	3,19
AREA DEL PLAN (3 TUBOS)	5	283.473.00	22,47
AREA DE PROTECCION Y COMPLEMENTACION ELECTROVA	6	203.298.00	16,10
AREA DE PROTECCION Y COMPLEMENTACION BARRERA ALBAHILL	7	184.588.00	14,57
AREA DE PROTECCION Y COMPLEMENTACION RINCON DE RO	8	144.658.00	11,30
AREA PROTECCION BARRERA	9	190.823.29	15,17
TOTAL AREAS		1.297.973,29	100,00



CONTRATOS	NO. DE AREA	AREA (M ²)	%
AREA DE PROTECCION DEL VAL	1	1.548.00	0,12
AREA DE PROTECCION VAS DORADOS	2	41.028.00	3,26
AREA DE CANALIZACION	3	1.488.00	0,12
AREA DE PROTECCION CANAL	4	40.100.00	3,19
AREA DEL PLAN (3 TUBOS)	5	283.473.00	22,47
AREA DE PROTECCION Y COMPLEMENTACION ELECTROVA	6	203.298.00	16,10
AREA DE PROTECCION Y COMPLEMENTACION BARRERA ALBAHILL	7	184.588.00	14,57
AREA DE PROTECCION Y COMPLEMENTACION RINCON DE RO	8	144.658.00	11,30
AREA PROTECCION BARRERA	9	190.823.29	15,17
TOTAL AREAS		1.297.973,29	100,00

CONTRATOS	NO. DE AREA	AREA (M ²)	%
AREA DE PROTECCION DEL VAL	1	1.548.00	0,12
AREA DE PROTECCION VAS DORADOS	2	41.028.00	3,26
AREA DE CANALIZACION	3	1.488.00	0,12
AREA DE PROTECCION CANAL	4	40.100.00	3,19
AREA DEL PLAN (3 TUBOS)	5	283.473.00	22,47
AREA DE PROTECCION Y COMPLEMENTACION ELECTROVA	6	203.298.00	16,10
AREA DE PROTECCION Y COMPLEMENTACION BARRERA ALBAHILL	7	184.588.00	14,57
AREA DE PROTECCION Y COMPLEMENTACION RINCON DE RO	8	144.658.00	11,30
AREA PROTECCION BARRERA	9	190.823.29	15,17
TOTAL AREAS		1.297.973,29	100,00

CONTRATOS	NO. DE AREA	AREA (M ²)	%
AREA DE PROTECCION DEL VAL	1	1.548.00	0,12
AREA DE PROTECCION VAS DORADOS	2	41.028.00	3,26
AREA DE CANALIZACION	3	1.488.00	0,12
AREA DE PROTECCION CANAL	4	40.100.00	3,19
AREA DEL PLAN (3 TUBOS)	5	283.473.00	22,47
AREA DE PROTECCION Y COMPLEMENTACION ELECTROVA	6	203.298.00	16,10
AREA DE PROTECCION Y COMPLEMENTACION BARRERA ALBAHILL	7	184.588.00	14,57
AREA DE PROTECCION Y COMPLEMENTACION RINCON DE RO	8	144.658.00	11,30
AREA PROTECCION BARRERA	9	190.823.29	15,17
TOTAL AREAS		1.297.973,29	100,00