SOCIEDAD GEOGRÁFICA DE COLOMBIA
ACADEMIA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS
www.sogeocol.edu.co

LA ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL DE LA SABANA DE BOGOTÁ

ALFONSO PÉREZ PRECIADO
Ingeniero Geógrafo. Consultor de la Corporación
Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR
Disertación en los "Martes del Planetario", Primer Semestre de 2000, evento organizado por la Sociedad Geográfica de Colombia

1. EL CONCEPTO DE ESTRUCTURA ECOLÓGICA

Un ecosistema está constituido por dos elementos básicos: el biotopo y la biocenosis. El biotopo está definido por las condiciones físicas y químicas del sitio ocupado por el ecosistema, manifestadas, en particular, en el relieve, el suelo, el clima y la hidrografía. La biocenosis está conformada por la comunidad de plantas, de animales y de microorganismos que viven en el ecosistema o que se sirven de él en forma permanente o temporal.

En el espacio ocupado por una comunidad, los organismos se distribuyen de tal manera que puedan aprovechar al máximo las condiciones del medio abiótico. Entre ellos se establece una constante lucha por la luz, los alimentos, el agua, la seguridad y otros recursos, dando lugar a relaciones de dependencia o interdependencia como la predación, el mutualismo, la simbiosis, el parasitismo y otras. Se llega, así, a una estratificación de la biocenosis, en el seno de cuyas unidades (estratos) cada especie ocupa un lugar (hábitat) y cumple un oficio determinado: es su nicho ecológico. En tales condiciones, la sustitución o eliminación de una especie o la alteración de una condición del hábitat, da lugar a una serie de ajustes en los ciclos alimentarios (energéticos) y en el comportamiento general del ecosistema (A. Pérez P, 1978).

Es sobre este sistema natural que se ejerce la acción del hombre, alterando las condiciones del biotopo y/o de la biocenosis. En el juego de relaciones estrechas que se establecen entre los diversos componentes del ecosistema, una alteración, de origen natural o antrópico, sobre sólo uno de tales componentes puede manifestarse, además, en otros o sobre la totalidad del ecosistema. Así, por ejemplo, la construcción de un embalse, que tiene por objeto regular el caudal de un río, no solamente altera las variaciones naturales del caudal, sino, también, las características de humedad estacional o permanente de los suelos ubicados en sus vegas inundables, la profundidad del nivel freático, la recarga de los acuíferos, la vegetación ribereña, las migraciones reproductivas de los peces (subiendas) y la biomasa acuática, entre otras variables.

En consecuencia, la estructura ecológica de un área no sólo está representada por las comunidades vegetales y animales que la habitan, sino, también, por los elementos físico-químicos de los cuales depende la vida de dichas comunidades. El grado de discriminación de la estructura está definida por el tamaño del área en cuestión, ya que no es lo mismo hablar de un campo de trigo, en que los elementos de la estructura se deben describir en detalle (textura y estructura del suelo, variaciones de temperatura diurnas, humedad del suelo, nutrientes minerales, especies y subespecies de plantas y de animales, macrofauna del suelo, microorganismos y otros), que de un continente, en que los elementos son de carácter general (grandes unidades orográficas, tipos de cordilleras, climas zonales, biomas y otros del mismo nivel).

En el caso de una región como la sabana de Bogotá, cuya dimensión se sitúa en varios miles de kilómetros cuadrados (4.251,6 km^2), la estructura ecológica puede definirse a través de cuatro grandes componentes: estructuras morfopedológica, hídrica, biótica y antrópica, considerando al hombre como parte fundamental del ecosistema. En el presente capítulo sólo se hará referencia a los tres primeros componentes, puesto que la estructura antrópica está tratada en los capítulos 2 y 4. El componente atmosférico (clima) está integrado en las características dinámicas de cada uno de los componentes morfopedológico, hídrico y biológico, tal como se puede observar en las secciones siguientes.

2. ESTRUCTURA MORFOPEDOLÓGICA

2.1. MORFOESTRUCTURA

La estructura geológica y morfológica actual de la sabana de Bogotá está determinada por la evolución paleotectónica del territorio colombiano y, más específicamente, de la cordillera Oriental, en cuyo seno se ubica.

El Paleozoico

En los tiempos precámbricos (hace más de 575 millones de años), todas las tierras del planeta estaban unidas en un inmenso supercontinente denominado Pangea. El actual territorio colombiano formaba parte de ese escudo primitivo de rocas cristalinas, el cual se rompió entre el Cámbrico y el Devónico Inferior (entre hace 575 y 415 millones de años) en varios bloques rígidos independientes, cuya separación dio origen a una fosa meridiana invadida por el mar, dentro de la cual se encontraba la región de Bogotá. En esta fosa se desarrolló una importante sedimentación que formó capas alternas de pelitas, areniscas, conglomerados, margas y calizas. A partir de entonces, varios eventos orogénicos (génesis de relieves), acaecidos en lo que hoy es la región andina, afectaron en mayor o menor grado a la región de Bogotá; esto provocó en unos casos la emersión de tierras y en otros la transgresión o invasión del mar. A continuación se resumen los principales de tales sucesos paleotectónicos.

La orogénesis caledoniana, ocurrida a finales del Siluriano y comienzos del Devónico, hace unos 415 millones de años, Cuadro N° 1, plegó y metamorfizó los sedimentos depositados anteriormente en la fosa. De esta manera, su parte oriental se convirtió en un cordón orogénico que, aunque cubierto aún por el mar a profundidades menores de 100 m, constituía, ya, el embrión de la actual cordillera Oriental.

La orogénesis herciniana, ocurrida en el Devónico inferior (hace unos 400 millones de años), solevantó el macizo de Quetame, el cual se extendía, posiblemente, hasta el occidente de Bogotá e interrumpió la sedimentación hasta el Devónico medio, cuando ésta se reinició a consecuencia de la fuerte erosión de este macizo cristalino. Otros episodios sucesivos de la orogénesis herciniana ocurridos entre el Devónico superior y el Carbonífero superior solevantaron otros macizos de la actual cordillera Oriental y se reflejaron, también, en el macizo de Quetame.

Cuadro No 1
ESCALA CRONOLOGICA ABSOLUTA

EDAD	PERIODOS	SERIES	MILLONES DE AÑOS
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno Pleistoceno	-0.01 a -0 -2 a -0.01
	TERCIARIO	Plioceno Mioceno Oligoceno Eoceno Paleoceno	-6 a -2 -22 a -6 -36 a -22 -58 a -36 -65 a -58
MESOZOICO	CRETACEO	Maestrichtiano Campaniano Santoniano Coniaciano Turoniano Cenomaniano Albiano Aptiano Barremiano Hauteriviano Valanginiano Berriasiano	De -145 a -65
	JURASICO	Titoniano Kimmeridgiano Oxfordiano ? ? ? ? Sinemuriano Hettangiano	De -210 a -145
	TRIASICO	Rhaetiano Noriano Carniano ? ?	De -250 a -210
PALEOZOICO	PERMICO		-290 a -250
	CARBONÍFERO		-365 a -290
	DEVONIANO		-415 a -365
	SILURIANO		-465 a -415
	ORDOVICICO		-510 a -465
	CAMBRIANO		-575 a -510
PRECAMBRICO		Principalmente rocas ígneas y metamórficas	-3000 (?) a -575
NACIMIENTO DEL PLANETA			Más de 4650

Fuente: Fechas radiométricas según R.L. Armstrong, 1974, en Foster F.F. y Skinner B.J., 1976 "Physical Geology", Jhon Wiley Sons Inc, New York

Entre el Pérmico inferior y el Triásico medio (290 a 230 millones de años), se produjo un importante suceso orogénico que solevantó el sector comprendido entre Ibagué, los macizos de Quetame y de la Serranía de San Lucas, éste último correspondiente, en parte, al valle del Magdalena y, en parte, a la cordillera Oriental actuales, incluida la cuenca del río Bogotá. En los mares continentales que rodeaban estos macizos se produjo, entonces, una importante sedimentación, como lo demuestran los gruesos depósitos correspondientes a tales épocas.

El Mesozoico

La situación anterior permaneció más o menos estable durante el Triásico superior y el Jurásico (desde hace 230 hasta 145 millones de años). Al finalizar el Jurásico, una transgresión marina proveniente, posiblemente, del antiguo océano Pacífico cubrió la cuenca de Bogotá, según lo indican los sedimentos de la época. El dominio marino continuó durante todo el período Cretáceo (entre hace 145 y 65 millones de años). A esto se debe el gran espesor de los sedimentos depositados, los cuales conforman, hoy en día, la mayor parte de los relieves altos que bordean la sabana de Bogotá, después de haber sido plegados y solevantados, como se verá en seguida. En ciertas bahías, algo aisladas del resto del mar, se depositaron sales que luego formaron domos, como en Zipaquirá y en Nemocón. A finales del Cretáceo el mar se volvió menos profundo y en sus playas se depositaron arenas que en la actualidad conforman las areniscas del grupo Guadalupe. Luego, el área de la actual sabana y sus alrededores se convirtió en una extensa planicie costera baja donde el mar entraba por cortos períodos, en la cual se depositaron arenas y arcillas transportadas por los ríos; el retiro paulatino del mar hizo que se formaran grandes zonas pantanosas, cuyos restos vegetales formaron turbas que más tarde dieron origen a los mantos de carbón que aún se explotan en varios sectores aledaños a la sabana; el conjunto de estos sedimentos se conoce hoy en día como formación Guaduas.

El Terciario

En el Paleoceno inferior, primer período de la era Terciaria (entre hace 65 y 60 millones de años), los movimientos tectónicos ocasionaron el retiro del mar de la cuenca de Bogotá. Allí los ríos empiezan a depositar gravillas, arenas y arcillas; estas arenas dieron origen a la formación Arenisca Cacho. La continuación de movimientos tectónicos de compresión, al plegar los sedimentos, formó cerros bajos sometidos a procesos de erosión, pero, en conjunto, la zona se encontraba todavía en la zona cálida tropical. Los sedimentos depositados por los ríos entre el Paleoceno superior y el Eoceno inferior a medio, frecuentemente con manchas de color rojo a violáceo, dieron origen a las actuales formaciones Bogotá (arcillosa) y Regadera (arenosa), ésta última ligada a eventos de compresión relativamente más fuertes.

Entre el Eoceno superior y el Oligoceno inferior (desde 43 a 32 millones de años), se produjo una corta transgresión marina en la cuenca de Bogotá, proveniente del norte, la cual ocasionó la desaparición de muchas especies de la flora y de la fauna y el anegamiento de extensos pantanos y turberas. La sedimentación localizada de arenas y arcillas dio origen a la hoy conocida como formación Usme (Oligoceno inferior a medio). Luego, durante el Oligoceno medio a superior (32 a 22 millones de años), las cuencas sedimentarias de Bogotá y Boyacá fueron plegadas y solevantadas en una especie de abombamiento, lo cual ocasionó el retiro del mar y la consiguiente interrupción de la sedimentación. No obstante, la altura de los relieves continuaba siendo baja, con clima cálido y húmedo y los ríos aún podían pasar desde la zona del actual valle del Magdalena hacia los Llanos Orientales. Desde el Paleoceno, asimismo, los mamíferos evolucionaron rápidamente y reemplazaron a los reptiles, que dominaron durante el Cretáceo en las tierras emergidas en esa época.

Durante el Mioceno (entre hace 22 y 6 millones de años) se produjeron varios eventos tectónicos y volcánicos en el resto del territorio colombiano, los cuales se reflejaron sólo de manera indirecta en la cuenca de Bogotá, cuya situación continuó siendo, sensiblemente, la misma del Oligoceno superior.

Hacia finales del Mioceno, el levantamiento de ciertas partes de la precordillera interrumpió la conexión del actual valle del Magdalena con los Llanos. Los movimientos tectónicos ocasionaron grandes deslizamientos, los cuales originaron grandes flujos de barro y bloques de piedra conocidos hoy en la región como formación Marichuela. Otro cambio operado en esta época fue un enfriamiento del clima, el cual favoreció la migración de las biotas de las zonas templadas y subtropicales hacia las partes más altas de las zonas intertropicales, las cuales alcanzaban ya localmente entre 1.000 y 2.000 m. de altitud.

En el Plioceno o última época del período Terciario tuvo lugar la orogénesis andina o surrección de la cordillera. Hacia fines del Mioceno y comienzos del Plioceno, el volcanismo de las precordilleras Occidental y Central se reactivó y las cenizas cubrieron gran parte de la cuenca de Bogotá, a la vez que el plegamiento formó, en esta misma cuenca y en otras de la precordillera Oriental, nuevas cubetas de sedimentación (lagos y lagunas), donde se depositaron, en discordancia sobre los sedimentos más antiguos, los materiales provenientes de la erosión de los relieves altos circundantes. Uno de estos lagos ocupaba la hoy llamada sabana de Bogotá. En los valles de los ríos y en los bordes de las cubetas se despositaron, entonces, sedimentos fluviales y flujos de barro (arcillas, arenas, gravillas y bloques), hoy en día poco consolidados y conocidos como formación Tilatá.

Según las investigaciones palinológicas (polen contenido en los sedimentos) de Van der Hammen y otros, el Plioceno inferior de la sabana de Bogotá se debió depositar muy cerca del nivel del mar (polen de flora tropical), aunque había cerros aislados de 1.000 a 2.000 m de altitud, posiblemente hace más de 5 millones de años. El polen del tipo de bosque subandino (flora de la actual zona cafetera) de los sedimentos depositados hace cerca de 4 millones de años indica que, para ese entonces, la Sabana de Bogotá ya se encontraba a unos 1.500 m de altitud, con cerros circundantes que podían alcanzar más de 2.500 m. El levantamiento de los Andes continuó y los diagramas palinológicos de los sedimentos depositados hace cerca de 3,5 millones de años ya muestran elementos de la actual flora andina fría, lo que indicaría que en esta época la cordillera de los Andes ya habría alcanzado su altura actual. Sin embargo, parece ser que en el Plioceno medio el clima general era, relativamente, más frío que el actual (se han reportado para esta época glaciaciones en otras partes del mundo), lo cual condujo a la formación de una vegetación abierta de tipo páramo en el altiplano de Bogotá, con un límite altitudinal del bosque ubicado varios centenares de metros por debajo de su localización actual.

Todo lo anterior indica que la surrección de la cordillera Oriental, y con ella la de la región de Bogotá, ocurrió, posiblemente, entre el Plioceno medio a superior, es decir, debió terminar hace unos 3,5 millones de años. Además, el hecho de que los sedimentos pliocénicos no estén plegados (o sólo levemente) indica que la surrección se llevó a cabo a través de movimientos esencialmente verticales, a lo largo de las grandes fallas preexistentes, formadas desde el Paleozoico y activadas durante el Mesozoico y el Terciario.

Una vez culminado el levantamiento de la cordillera, la zona de la antigua cubeta de la sabana (hoy en día plana) comenzó a hundirse lentamente (Van der Hammen, 1998), dando origen a un gran lago al cual desembocaban el actual río Bogotá y sus tributarios y cuyo desaguadero quedaba en el sector del Tequendama. Paralelamente con la subsidencia, se inició un proceso de sedimentación lacustre en este antiguo lago (arcillas y algunas capas de arenas y turba), cuyas capas más antiguas están hoy a una profundidad de entre 250 y 600 metros en el centro de la sabana, debajo de Funza. No obstante, en algunos valles laterales estos sedimentos no se hundieron, como sucede en Subachoque y en Guasca, donde forman terrazas a altitudes entre 2.600 y 2.700 m. Estos sedimentos no consolidados, acumulados desde el comienzo de la subsidencia hasta hace un millón de años, se conocen actualmente como formación Subachoque. Los que se depositaron durante el último millón de años han sido denominados como formación Sabana.

El enfriamiento global del planeta, que se inició desde el Mioceno y continuó durante el Plioceno, junto con el levantamiento progresivo de los Andes, favorecieron la migración hacia las zonas intertropicales de elementos de las floras y las faunas de Norteamérica y del sur de América del Sur (australoantárticas), las cuales fueron mezclándose poco a poco, con las biotas propias del neotrópico. La migración desde Norteamérica se vio favorecida una vez que se completó la formación del actual istmo de Panamá, hace unos 3,1 millones de años.

El Cuaternario

Una vez que los Andes se estabilizaron en su posición actual, hace más de 3 millones de años, y que los paroxismos tectónicos que dieron origen al levantamiento de la cordillera cesaron, los cambios climáticos se constituyeron en el principal factor de la evolución paleogeográfica del territorio. Estos cambios consistieron, básicamente, en una sucesión de períodos fríos y cálidos, secos y húmedos. Esta alternación, en la región de Bogotá, se reflejó, principalmente, en la extensión de los glaciares de la alta montaña (avances y retrocesos) y en la extensión y en la composición de las formaciones vegetales. No obstante, desde el punto de vista ecológico y ambiental, las principales características del Cuaternario, también llamado Pleistoceno, fueron el surgimiento y el desarrollo de la especie humana.

Glaciales e interglaciales

En los últimos 3 millones de años han ocurrido por lo menos de 20 a 30 períodos glaciales e interglaciales en la sabana de Bogotá (Van der Hammen, 1981). Durante los glaciales las temperaturas medias anuales eran cerca de 8°C inferiores a las actuales y durante los interglaciales eran similares a la actual o incluso levemente superiores. Consiguientemente, la vegetación de la sabana cambia desde el páramo abierto, en las épocas más frías, hasta el bosque andino-subandino, en las más cálidas. De todos los glaciales, sólo es, relativamente, bien conocido el último, ocurrido entre hace 75.000 y 10.000 años, cuando comenzó el actual interglacial, o sea el Holoceno. Durante este último glacial se han identificado 9 estadiales o situaciones de avance y de permanencia de los glaciares, separados por un número igual de interestadiales o situaciones de retroceso, gracias a climas más suaves.

La mayor extensión de los glaciares parece que tuvo lugar entre 25.000 y 45.000 años antes del presente (AP: año 1950 de nuestra era como base), en los estadiales conocidos como Güicán y Río Negro en la literatura paleogeográfica, pero, especialmente, entre 36.000 y 45.000 años AP, cuando los glaciares descendieron hasta los 2.580 m de altitud en la sabana de Bogotá. Esta gran extensión del hielo se debió, sin duda, al clima frío pero muy húmedo que caracterizó a este período, cuando los glaciares pudieron haber cubierto la mayor parte de las tierras por encima de los 3.000 m de altitud. El nivel del lago era entonces alto (hasta los 2.600 m) y las cantidades de agua que salían por el desaguadero eran mucho más importantes que en la actualidad, lo cual hizo que la incisión del lecho en el sector del Tequendama fuera tal que, al finalizar este período, cuando el clima se volvió más seco y el nivel del lago bajó, pudo salir la mayor parte del agua del antiguo gran lago, dejando su fondo descubierto.

No obstante, el período más frío se presentó, aproximadamente, entre 14.000 y 21.000 años AP, durante el estadial de Fúquene. Sin embargo, debido al clima seco característico de este período, el límite del hielo y de las nieves llegó tan sólo hasta los 3.300-3.400 m de altitud y, es probable, los glaciares cubrieron entonces la mayor parte de las tierras por encima de los 3.500 metros de altitud. El río Bogotá y sus afluentes excavaron sus cauces en el fondo sedimentario desecado del antiguo lago, con o que crearon sus actuales valles aluviales (inundables). Asimismo, en las depresiones o partes más bajas del antiguo fondo lacustre se formaron humedales (pantanos y pequeñas lagunas), al interior de la sabana y en los propios valles aluviales (cubetas de inundación).

En el Tardiglacial (14.000 a 10.000 años AP), el clima comenzó a volverse menos severo, aunque presentó algunos recrudecimientos menores del frío (estadiales de Ciega y El Abra). En ellos, el límite de los glaciares se ubicó, aproximadamente, entre los 3.900 y los 4.200 m de altitud.

En la última glaciación, que cubrió gran parte de los actuales páramos y valles altos por encima de la sabana, los ríos más importantes depositaron materiales de origen fluvioglaciar en algunos valles laterales, formando, así, pequeños abanicos al pie de los cerros, conocidos como formación Tunjuelito, cuyas gravas y gravillas son intensivamente utilizadas en la industria del concreto, como es el caso de los valles de Subachoque, río Frío, Guasca y Tunjuelo. En cambio, en las zonas de baja precipitación del occidente y del sur de la sabana (Soacha, Mondoñedo) y del norte (Checua), entre otras, la escorrentía dio lugar a coluviones y a pequeños abanicos de material más fino (limos y fragmentos de roca), hoy en día afectados por erosión en cárcavas, llamados formación Mondoñedo.

Durante los últimos 10.000 años, conocidos como Holoceno, el clima, en general, se volvió más benigno, aunque se presentaron algunas fluctuaciones menores que dieron origen a, por lo menos, 4 estadios glaciales nuevos, los cuales, sin embargo, no ocultan el clima, casi siempre, suave de este último período de la tierra. Durante el Holoceno medio (hace unos 5.000 años), se presentó, incluso, un óptimo climático (hipsitermal), ligeramente más cálido (1 a 2°C) y húmedo que el actual.

Ya en tiempos históricos, se reconoce la neoglaciación o "Pequeña Edad Glacial" (Herd, 1974), cuyos glaciares reavanzaron hasta los 4.250-4.300 m de altitud, probablemente entre los años 1.600 a 1.850 de nuestra era.

En los cerros adyacentes a la sabana de Bogotá, todos con altitudes menores de 4.000 m, salvo el cerro Nevado del páramo de Sumapaz, los glaciares debieron desaparecer, entonces, desde finales del Tardiglacial, hace unos 10.000 años.

Cambios en la vegetación

Como se dijo antes, a finales del Plioceno y a comienzos del Pleistoceno dominaba en la sabana de Bogotá una vegetación abierta, de tipo páramo, indicadora de un clima característico de una época glacial. Para esta época, el bosque andino no había logrado desarrollarse bien y conformaba una estrecha faja entre el páramo y el bosque subandino (o bosque de clima medio).

De acuerdo con Hooghiemstra H. (1984), durante el Pleistoceno inferior, entre 3,5 y 3,2 millones de años AP, la altiplanicie de Bogotá estuvo cubierta, frecuentemente, por vegetación de páramo y subpáramo y el bosque altoandino sólo logró colonizarla, en forma intermitente, en los períodos relativamente más cálidos (interglaciales). A su vez, el nivel del lago de la Sabana permaneció bajo durante la mayor parte del tiempo. Todo ello indica que el clima de entonces fue más frío que el actual, aunque la biota, con la llegada de nuevos elementos provenientes de Norte y Suramérica, se enriqueció.

Entre 3,2 y 2,5 millones de años AP, la altiplanicie fue cubierta en su mayor parte por bosque altoandino (véanse definiciones de los tipos de vegetación más adelante, en este mismo capítulo) y el lago alcanzó sus niveles más altos, como consecuencia de un clima más caliente que el anterior (aunque menos que el actual) y más húmedo que el imperante hoy en día.

Durante el Pleistoceno medio, entre 2,5 y 0,96 millones de años AP, el clima se enfrió nuevamente y la vegetación dominante en la sabana de Bogotá fueron el subpáramo abierto y el páramo. El bosque altoandino logró colonizar el altiplano sólo durante cortos períodos intermitentes. El lago permaneció alto al comienzo (hasta 2,2 millones de años AP), pero luego descendió hasta alcanzar niveles muy

bajos hacia 1,5 millones de años AP, lo cual significa que el clima, húmedo al comienzo, se tornó seco hacia el final del Pleistoceno medio.

En el Pleistoceno superior (desde 0,96 millones de años hasta los tiempos recientes), el clima volvió a calentarse y el bosque fue, de nuevo, la vegetación dominante en la sabana de Bogotá. En los primeros 400.000 años prevaleció el bosque altoandino, con algunas breves interrupciones del subpáramo, pero, luego, hizo su ingreso todo el cortejo florístico del bosque andino, con ciertas y cortas interrupciones en que el bosque altoandino volvió a predominar.

Los niveles del lago de la sabana oscilaron entre bajos, medios y altos durante los primeros 600.000 años, pero en los siguientes 200.000 años predominaron los medios. El clima, responsable de estos cambios, fluctuó entre más frío y relativamente más cálido que el actual (en cortos períodos) y entre más seco y más húmedo, como lo atestiguan los niveles del lago. Hacia el final del Pleistoceno superior, entre 75.000 y 10.000 años AP, sobrevino un nuevo período muy frío, conocido como el Ultimo Glacial, durante el cual se presentaron los siguientes acontecimientos:

- La primera parte, conocida como Glacial temprano (entre 75.000 y 50.000 años AP), tuvo un clima muy húmedo y progresivamente más frío, que permitió la presencia del bosque altoandino en la sabana de Bogotá.

- En el Pleniglacial medio (50.000 a 25.000 años AP), el clima se volvió más frío y el páramo volvió a ser la vegetación dominante en el altiplano. La glaciación más fuerte ocurrió en este período, especialmente entre 45.000 y 36.000 años AP, cuando, según se anotó atrás, las lenguas glaciares llegaron localmente hasta los 2.580 m de altitud en la sabana y el límite del bosque se situaba a unos 800 a 1.000 m por debajo del nivel actual (3.300-3.500 m), esto es, hasta los 2.500 m. Por lo tanto, la faja de páramo era angosta y húmeda. El lago estaba bordeado de vegetación de páramo, de subpáramo y de bosque altoandino (por la regulación térmica de la masa de agua).

- En el Pleniglacial superior (entre 25.000 y 14.000 años AP), el clima se tornó más frío pero más seco, lo que trajo como consecuencia que los glaciares retrocedieran hasta los 3.300 m o un poco menos y que el límite del bosque descendiera en unos 1.200 a 1.500 m por debajo del nivel actual. En consecuencia, el páramo cubría en este período una amplia faja, aproximadamente entre los 2.000 y 3.300 m. de altitud. La extrema sequía de este período hizo que el gran lago de la sabana de Bogotá se secara y que otras lagunas cercanas (Fúquene) alcanzaran sus niveles más bajos. Se estima que la temperatura media en la sabana de Bogotá bajó durante esta fase fría entre unos 6° a 8°C por debajo de los valores actuales. En el páramo abierto que, entonces, predominaba en la sabana, abundaban mastodontes, caballos americanos, venados, curíes y muchas otras especies de fauna.

- Durante el Tardiglacial (entre 14.000 y 10.000 años AP), el clima comenzó a calentarse de nuevo y los glaciares continuaron su retroceso. Durante los interestadiales y, en especial, durante el interestadial de Guántiva (12.000 a 11.000 años AP), el bosque cubrió la altiplanicie de Bogotá y posiblemente llegó muy cerca de su límite altitudinal actual. El clima se volvió, también, más húmedo, como lo demuestra el aumento en el nivel de los lagos registrado en el polen de sus sedimentos (Van der Hammen, 1974). Al final del Tardiglacial, en el estadial de El Abra (11.000 a 10.000 años AP), se produjo un nuevo enfriamiento, durante el cual el límite del bosque bajó hasta situarse muy cerca de la sabana de Bogotá.

- Durante el Holoceno (últimos 10.000 años AP), el clima experimentó un mejoramiento general. Luego de un período de transición correspondiente al Holoceno inferior, el clima llegó a ser más cálido que en la actualidad durante el Hipsotermal (entre 7.500 y 3.000 años AP), cuando la temperatura media en el altiplano pudo haber estado unos 2°C por encima de la actual. En

consecuencia, el límite del bosque subió unos 300 a 450 m, ubicándose alrededor de los 3.600-3.800 (Van der Hammen y Cleef, 1974). Gracias a este incremento de la temperatura, varias especies del bosque subandino, como el yarumo (Cecropia) y otras, lograron desarrollarse en la altiplanicie de Bogotá. Pero desaparecieron de nuevo de la sabana hacia los 3.000 años AP, cuando el clima se enfrió hasta alcanzar la situación actual (Holoceno Superior). Igualmente, el límite superior del bosque descendió hasta ubicarse alrededor de los 3.300-3.500 m de altitud, donde se encuentra hoy en día. En la medida en que el bosque cubría la sabana, fue desapareciendo la megafauna propia de los espacios abiertos de la época glacial, en especial el mastodonte y el caballo americano. Sólo quedaron las especies que lograron adaptarse al bosque, en especial el venado, el curí, el conejo, el armadillo y otras especies menores, que se constituyeron, entonces, en las principales presas de los grupos de cazadores-recolectores.

- En consecuencia, al final del Holoceno, el bosque andino cubría el altiplano y los cerros que lo bordean, salvo en los sectores de más baja precipitación del occidente y sur de la sabana, donde se desarrolló un tipo de vegetación xerofítica, y por encima de los 3.300-3.500 msnm, donde empieza el páramo. En los bordes de los humedales se desarrolló, asimismo, un tipo de vegetación de pantano, a base de juncos, de cortaderas y de alisos, entre otras especies. No obstante, el bosque andino presenta cambios en su composición y en su estructura entre la planicie y los cerros, así como a diferentes altitudes, como se verá más adelante (estructura biótica).

Unidades morfoestructurales

Con base en lo expuesto, la región de Bogotá se caracteriza por la presencia de una gran altiplanicie bordeada por cerros de forma alargada, siguiendo los ejes estructurales tectónicos. La altiplanicie es una llanura de relleno fluviolacustre iniciado en el Terciario y terminado en el Cuaternario reciente, mientras que los cerros son estructuras sedimentarias plegadas, compuestos esencialmente por sedimentos (hoy rocas) depositados en el Cretáceo y en el Terciario.

La región de la sabana de Bogotá presenta dos grandes unidades morfoestructurales:

- Una zona plana suavemente inclinada, constituida por una llanura cuaternaria de origen fluviolacustre, bordeada de algunos conos aluviales y depósitos coluviales.

- Una zona montañosa compuesta por formaciones sedimentarias de rocas arenosas, duras y resistentes a la erosión y por rocas arcillosas blandas, con edades del Cretáceo Superior al Terciario Superior.

Unidades de montaña

Escarpes y laderas escarpadas de areniscas resistentes

Esta unidad constituye los relieves más altos y escarpados de los cerros que bordean la sabana y está conformada por areniscas cuarzosas de grano fino, color claro, generalmente macizas, bien cementadas y resistentes a la erosión, con intercalaciones menores de liditas y arcillolitas. Son una fuente de material para agregados pétreos y piedra de construcción y pertenecen a la formación Arenisca Dura, del Cretáceo superior.

Lomeríos paralelos de areniscas friables

Constituyen, igualmente, relieves sobresalientes, por lo general alargados, localizados a lo largo de las vertientes medias a inferiores de los cerros, bordeando las areniscas duras. Se diferencian de éstas en

su granulometría fina a media, a veces gruesa y en su cementación media a pobre, por lo cual son mediana a altamente friables y, en consecuencia, más susceptibles a la meteorización y a la erosión que las areniscas duras, aunque más resistentes que las rocas arcillosas. Desde el punto de vista estratigráfico, estas areniscas pertenecen a las formaciones Arenisca Tierna (Cretáceo superior), Labor y Tierna (Cretáceo superior), Cacho, Regadera y Usme (Terciario inferior a medio), muy apetecidas como fuentes de arenas para la construcción y la industria.

Laderas en fajas de lomeríos de plaeners

Se trata de un conjunto de limolitas silíceas, liditas y arcillolitas en capas delgadas, con intercalaciones de arcillolitas caoliníticas y areniscas de grano fino bien cementadas, por lo general muy fragmentadas. Donde los plaeners afloran en superficies grandes, sus relieves tienden a suavizarse en lomas redondeadas, como al sur de la represa de Terreros, pero, casi siempre, las capas de plaeners están enmarcadas por fajas de areniscas mas o menos duras, por lo cual su relieve es, igualmente, abrupto. Los plaeners tienen un gran valor como material de recebo.

Depresiones de arcillolitas negras

Son depresiones de relieve menos abrupto que el de los cerros de areniscas que la enmarcan, constituidas por arcillolitas grises y negras, carbonosas, de estratificación laminada, con niveles de areniscas de grano fino bien cementadas. Ejemplo de ellas son las depresiones situadas en la parte alta de los ríos San Cristóbal y San Francisco, por detrás de los cerros orientales. Estas arcillolitas pertenecen a la formación Chipaque, del Cretáceo medio.

Lomas redondeadas de arcillolitas de varios colores

Se caracterizan por relieves suaves, conformados por arcillolitas de diferentes colores, predominantemente rojas, con delgadas intercalaciones de limolitas, areniscas arcillosas y mantos de carbón. Estas arcillolitas son utilizadas en la industria ladrillera y pertenecen a las formaciones Guaduas (del Cretáceo superior) y Bogotá (del Terciario inferior). Ejemplos de ellas son el interior del sinclinal de Usme y, parcialmente, el piedemonte de los cerros orientales

Formaciones superficiales cuaternarias

En cuanto a las formaciones superficiales de edad cuaternaria presentes en la zona, se pueden mencionar las siguientes:

Depósitos de vertiente

Se trata de depósitos de origen coluvial y fluvioglaciar que cubren, principalmente, las laderas de los sinclinales, constituidos por cantos y bloques de diferentes tamaños, en especial de areniscas y de limolitas, en una matriz areno-arcillosa. Estos depósitos han dado origen a un relieve muy suave, que se confunde con el de las arcillolitas. En algunos sectores secos del sur y del occidente de la sabana, se forman coluvios compuestos por materiales finos (fragmentos de roca y limos), al pie de las laderas, conocidos como formación Mondoñedo.

Conos aluviales

Son depósitos de material heterométrico, formados por los ríos a su salida a la planicie aluvial, conocidos como formación Tunjuelito, que forman conos o abanicos de pendiente muy suave, constituidos por cantos de diferentes tamaños, gravas y arenas, intensivamente explotados para la producción de concretos. A medida que el cono penetra en la llanura, llega a confundirse morfológicamente con ésta. Ejemplos de conos son los del río Tunjuelo, cuyas gravas son explotadas a gran escala en la industria del concreto, así como los de los ríos San Cristóbal, San Francisco, Subachoque, Frío y otros tributarios menores.

Llanura aluviolacustre

Es una gran extensión plana, conformada por las terrazas altas y bajas de los ríos Bogotá y sus principales tributarios, cuyos materiales han sido depositados sobre sedimentos del antiguo lago de la sabana, caracterizados por un bajo grado de disección. Los sedimentos depositados entre el comienzo del Pleistoceno y hace un millón de años, que afloran en los valles laterales de Subachoque y Guaduas, entre otros, se conocen como formación Subachoque; mientras que los depósitos del último millón de años se conocen como formación Sabana.

En términos generales, la llanura está constituida, principalmente, por limos orgánicos superficiales seguidos de arcillas plásticas, de consistencia media a firme y sobreconsolidadas. Gran parte de la llanura, especialmente en la formación Sabana, presenta una capa superior limoarcillosa, expansiva, muy sobreconsolidada, con cerca de 1 m. de espesor, seguida de una secuencia de arcillas limosas medianamente densas. Hacia el norte de la ciudad de Bogotá, los limos y las arcillas orgánicas superficiales son los más compresibles, por tratarse de suelos blandos en proceso de consolidación. Esta es la unidad más importante, desde el punto de vista urbano, por haberse desarrollado en ella la mayor parte de la ciudad.

Llanura aluvial actual

Ocupa los sectores más bajos y completamente planos de la llanura aluviolacustre, correspondientes a los valles aluviales actuales de los ríos Bogotá, Teusacá, Siecha, San Francisco, Checua, Frío, Chicú, Balsillas y otros tributarios, que se inundan con facilidad debido a los desbordes y a los encharcamientos. Esta llanura se amplía en gran medida al sur de la sabana. Su composición es fundamentalmente limoarcillosa.

2.2. MORFOPEDOLOGÍA

Desde el punto de vista agrológico, los estudios del Intituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) han distinguido dos grandes grupos de suelos, Cuadro N° 2: los suelos del área quebrada y los de las tierras planas. No obstante, los dos tipos de suelos tienen como característica común la presencia de cenizas volcánicas provenientes de las erupciones de los volcanes de la cordillera Central, que son transportadas por el viento hasta la sabana de Bogotá. Antes de 30.000 años AP estas cenizas caían sobre la superficie del lago y hoy en día se encuentran intercaladas entre las capas de arcillas de la formación Sabana. Posteriormente, ellas se siguieron depositando sobre el fondo descubierto del antiguo lago y sobre los relieves circundantes.

Cuadro No 2
GEOMORFOLOGIA Y SUELOS

RELIEVE GENERAL	POSICION GEOMÓR-FICA	LITOLO-GÍA	PROCE-SOS	CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS	ASOC. SUE-LOS	CLA-SE AGR	ÁREA ha
ZONA ONDULA-DA Y QUEBRA-DA	Escarpes y laderas es-carpadas.	Areniscas du-ras, plaeners, areniscas La-bor y Tierna	Escurri-miento difuso normal	Superficiales, a veces litosólicos, pendien-te 30-50%, drenaje rápido, fuertemente á-cidos, fertilidad natural baja. Limitados por pendiente, profundidad y piedras	Monse-rrate (MS)	VIes VII es	90.981 . 21,4 %
	Laderas a más de 3.500 msnm	Arcillas, luti-tas, areniscas, periglaciar	Solifluc-ción lenta	Moder. profundos, pendiente 7-25%, dre-naje rápido, fuertemente ácidos, fertilidad natural baja. Limitados por clima y por altitud.	Páramo-Guasca (PM)	VIIc	30.380 7,1%
	Laderas de cerros, depresión es anticlinale s	Arcillolita Negra	Solifluc-ción, desli-zamient os	Profundos a poco profundos, impermea- bles, pendiente 12-30%, drenaje modera-do, fuert.emente ácidos, fertlidad natural baja. Limitados por erosión y profundi-dad locales.	Cabrera-Cruz Verde (C3)	II e III e IV es	57.335 13,5 %
	Laderas de los cerros	Arcillas y arcillolitas	Solifluc-ción, desliza-mientos.	Poco a moderadamente profundos, pen-diente 12-25-50%, drenaje lento a rápido, fuerte a moder. ácidos, fertilidad natural baja. Limitantes por erosión y profund..	Cabrera-Cogua (CG)	IV es	36.297 8,5%
	Colinas	Arcillas, are-niscas, cenizas volcánicas	Escurri-miento difuso normal	Profundos a moderadamente profundos, pendiente 3-25%, buen drenaje, mediana-mente ácidos, fertilidad baja a moderada. Limitados por erosionabilidad.	Facatati-vá-Cabre-ra (FC)	III e IV e	33.510 7,9%
	Laderas de cerros, colinas	Lutitas y arcillas, are-niscas, cenizas volcánicas	Esc. difuso inten so a concen-trado	Profundos a moder. profundos, limitados por clay-pan, pendientes variadas 3-25-50%, drenaje externo e interno rápido, fuertemente ácidos, fertilidad baja. Limi- tados por erosión, profundidad y clima .	Bojacá-Cogua-Techo (BJ)	III es VIIesc	27.100 6,4%
	Piedemont esy pequeños valles inter.-colinares	Sedimentos coluviales y lacustres	Escurri-miento difuso normal e intenso	Profundos a moderadamente profundos, pendientes 3-12-25%, drenaje externo e interno rápido, fuertemente ácidos, fertilidad baja. Limitados por erosión, profundidad, pedregosidad y clima seco.	Coluvios (V)	IIIesc	5.275 1,2%
ZONA PLANA	Planicie aluviolacus-tre	Limos y arcillas	Escurr. difuso normal, erosión laminar	Moderadamente a poco profundos, limita-dos por clay-pan, pendiente menor del 2%, drenaje pobre, ácidos en superficie, fertilidad natural moderada. Limitantes por erosión y profundidad.	Techo-Gachan-cipá (TG)	III es	23.342 5,5%
	Planicie lacustre	Cenizas volcánicas s/arcillas	Esc. difuso normal, expansiv idad.	Profundidad variable, pendiente menor del 1%, drenaje moderado, ligeramente ácidos, fertilidad natural medianamente alta.	Tibaitatá - Zipaqui-rá-Corzo (TZ)	I	46.654 11%

Continua en la siguiente página

	Plano aluvial de inundación	Arcillas gleizadas, material lacustre	Sedimen-tación por inunda-ciones.	Moderadamente profundos a profundos, pendiente menor del 1%, drenaje pobre, ligeramente ácidos, fertilidad natural moderada a muy baja. Limitantes por inundaciones y profundidad.	Bogotá-Nemocón (BN)	III h IV h	31.144 7,3%
	Abanicos sobre pendiente estructural	Cenizas volcánicas sobre material heterométrico	Escurr. difuso normal a intenso.	Moderadamente profundos a profundos, pendiente 3-25%, drenaje interno y externo rápido, medianamente ácidos, fertilidad natural muy baja. Limitantes por erosión.	Bermeo (BR)	II e	6.590 1,6%
Lagunas							6.661
Urbanas							32.000
TOTAL*							425.160

Fuente: EPAM LTDA, con base en estudios del IGAC. * Diferencias en área con cuadro No 3 debidas a fuente.

Las cenizas, al descomponerse y al mezclarse con el humus de la vegetación, formaron una capa de suelo oscuro de 50 a 150 cm de espesor, de gran fertilidad, conocido como suelo ándico o Andisol. Estos suelos no se formaron en los valles aluviales, a causa de la acumulación periódica de arcillas de inundación, ni en las zonas secas de la sabana, en razón de la menor cantidad de humus; en cambio, se originaron suelos diferentes, como inceptisoles, alfisoles o planosoles.

Suelos de la parte quebrada

Asociación Monserrante (MS)

Esta se encuentra en los sectores más escarpados de los cerros, con pendientes, por lo general, comprendidas entre el 30 y el 75%. Se derivan de areniscas y de plaeners y son superficiales, con profundidades inferiores a 50 cm., de suelo oscuro, compuesto por material orgánico y ceniza volcánica alterada, y reacción muy ácida (pH: 4.4). Su drenaje es bueno y su fertilidad natural baja. Su principal limitante es la fuerte pendiente. No son aptos para actividades agropecuarias ni para explotación forestal. Su uso debe ser para la protección de suelos y de aguas. Ocupan el 21.4% de la cuenca alta del río Bogotá.

Asociación Páramo-Usme-Guasca (PM)

Como su nombre lo indica, estos suelos se encuentran en las zonas de páramo, a más de 3.300 msnm, al este, al noroeste y al sureste de la cuenca, en terrenos de topografía plana a ondulada, con pendientes desde 3% hasta 25%. Se derivan de lutitas, areniscas y arcillas, con un grado de meteorización muy variable, por lo cual su profundidad es, igualmente, variable, con alto contenido de materia orgánica, buen drenaje (salvo en depresiones ocupadas por humedales), reacción fuertemente ácida, que se aumenta con la profundidad (pH desde 3,9 hasta 5,0) y fertilidad baja a muy baja. Por las condiciones de temperatura baja, altamente propensa a heladas, y por su importancia para las fuentes hídricas, no son aptos para actividades agropecuarias. Ocupan el 7,1% de la cuenca.

Asociación Cabrera - Cruz Verde (CB)

Se encuentran, casi siempre, en los cerros del este, del noreste y del sureste de la sabana, en terrenos de topografía suave a moderada, con pendientes dominantes entre 12 y 25% y 25 a 50%. Se derivan de material arcilloso, con influencia de cenizas volcánicas, y son moderadamente profundos (de 50 cm. o más), drenaje externo rápido, permeabilidad lenta, a causa de su constitución arcillosa, reacción fuertemente ácida (pH entre 4.5 y 5.0) y fertilidad natural baja. En principio, son suelos aptos para actividades agropecuarias de clima frío, salvo que se encuentren en zonas de nacimientos de agua. Ocupan el 13,5% de la cuenca.

Asociación Facatativá-Cabrera (FC)

Estos suelos se localizan, por lo general, en las colinas al oeste de la sabana de Bogotá, sobre pendientes dominantes entre 12,25% y 50%. Se derivan de material arcilloso y/o areno-arcilloso, con influencia de cenizas volcánicas alteradas y son moderadamente profundos a profundos (de 1 hasta varios metros de capa oscura), drenaje externo rápido, permeabilidad moderada a lenta, reacción ácida (pH entre 4.5 y 6.0) y fertilidad natural baja a media. En principio, son suelos aptos para actividades agropecuarias de clima frío, salvo que se encuentren en zonas de nacimientos de agua. Ocupan el 7,9% de la cuenca.

Asociación Cogua-Cabrera (CG)

Estos suelos están en laderas de pendiente suave (7 a 30%), localizadas al noreste de la cuenca, entre Villapinzón y Sesquilé, al norte de Cogua y La Calera y en otros sectores aislados. Se derivan de arcillas y arenas terciarias, pertenecientes, en especial, a la formación geológica Tilatá. Son suelos moderadamente profundos, de drenaje externo rápido y permeabilidad lenta, por la presencia de horizontes arcillosos en el subsuelo, de reacción ácida (pH entre 5,5 y 6) y fertilidad natural baja. En general, estos suelos son aptos para la agricultura y la ganadería, con buenas prácticas de manejo. Ocupan el 8,5% de la cuenca.

Asociación Bojacá-Cogua-Techo (BJ)

Estos suelos se presentan en laderas de relieve complejo, desde ondulado (3-12%) hasta quebrado (12-50%), principalmente en tres áreas: en la cuenca alta del río Checua, al sur del embalse de Tominé y en algunas laderas al sur y al sureste de la ciudad de Bogotá. En general, coinciden con climas secos y se derivan de arcillolitas de varios colores y son moderadamente profundos a profundos, limitados por una capa arcillosa muy dura de unos 30 cm. de espesor debajo del primer horizonte. Este clay-pan aparece, sobre todo, en las colinas de clima seco del sur y suroeste de la ciudad. Además, estos suelos son muy erosionables, por lo cual presentan carcavamiento frecuente y tienen un pH fuertemente ácido (4.9 a 5.5) y una fertilidad natural baja. Son suelos aptos para actividades agropecuarias, aunque limitados por la presencia del clay-pan y la susceptibilidad a la erosión. Ocupan el 6,4% de la cuenca.

Complejos coluviales (V)

Son suelos formados a partir de los depósitos coluviales y fluvioglaciares que se encuentran sobre el sinclinal de Usme, la cuenca del río Muña y a lo largo de una serie de pequeños valles y depresiones situadas al pie de las laderas de más fuerte pendiente del costado oriental de la cuenca. Su topografía es muy suave, con pendientes, por lo general, inferiores al 12%. Son suelos profundos, limitados sólo por la presencia de piedras de diferente tamaño, tanto en la superficie como en el perfil. Su drenaje es bueno y su fertilidad natural baja. Además, presentan susceptibilidad a la erosión, sobre todo en la vertiente occidental, seca, del río Tunjuelo (sector de Mochuelo) y al este de Guasca. Son suelos aptos

para actividades agropecuarias intensivas, con prácticas de conservación. Ocupan el 1,2% de la cuenca.

Suelos de la parte plana

Asociación Techo-Gachancipá (TG)

Estos suelos, de relieve casi plano, se encuentran sobre las terrazas del valle medio del río Bogotá, entre Suesca y Hatogrande, y en otros sectores aislados del sur de la sabana. Presentan pendientes menores del 8% y han sido formados a partir de los limos arcillosos de la planicie aluviolacustre; su drenaje es pobre y son poco a moderadamente profundos debido a la presencia de un horizonte compacto (clay-pan), aproximadamente entre los 25 y 80 cm. Además, son susceptibles a la erosión, en especial en los sectores cercanos al piedemonte de los cerros, donde la pendiente es mayor. Su reacción es fuertemente ácida (pH 5-5.5) y su fertilidad natural moderada. Su uso agrícola está limitado a ciertos cultivos, debido a la presencia del clay-pan. Ocupa el 5,5% de la cuenca.

Asociación Tibaitatá-Zipaquirá-Corzo (TZ)

Son suelos de topografía plana, con pendiente menor del 1%, desarrollados a partir de depósitos de cenizas volcánicas sobre una superficie ondulada de arcilla lacustrina del Cuaternario. Su drenaje es moderado y su profundidad variable, debido a que la arcilla gleizada sobre la cual descansan fluctúa entre 0.80 y 1.20 m. de profundidad. No presentan riesgo de inundación y son aptos para toda clase de cultivos de clima frío. Tienen una reacción ácida (pH de 5 a 5.5) y una fertilidad natural moderadamente alta. Estos suelos se extienden sobre la formación Sabana, con preferencia en el triángulo entre Bogotá, Facatativá y Cajicá. Ocupan el 11% de la cuenca.

Asociación Río Bogotá-Nemocón (BN)

Ocupan la posición de vega a lo largo del río Bogotá y de sus tributarios, por lo cual están sujetos a inundaciones periódicas. Esto, unido a su topografía plana, con pendientes inferiores al 1%, hace que el drenaje externo sea muy deficiente. Su material parental está constituído por arcillas gleizadas del Cuaternario y por material lacustre. Su PH es moderadamente ácido (5-5.5) y su fertilidad natural moderada. Debido al peligro de inundaciones, el uso actual de estos suelos está limitado a la ganadería, pero si se controlan las inundaciones los suelos podrían emplearse para toda la gama de cultivos de tierra fría. Esta asociación se extiende, principalmente, al oeste y al suroeste de la ciudad de Bogotá, en el triángulo Fontibón-Madrid-Soacha. Ocupa el 7,3% de la cuenca. Bogotá se ha desarrollado, especialmente, sobre suelos de las series Techo y Tibaitatá.

Asociación Bermeo (BR)

Se han desarrollado sobre abanicos deltaicos, de manera especial en la margen occidental del valle del río Subachoque, entre Subachoque y Facatativá, con pendientes dominantes de 3 a 7 y de 12 a 25% y profundidad moderada a alta. Su material parental está constituido por cenizas volcánicas y material heterométrico derivado de las areniscas y las arcillolitas de las laderas superiores. Su pH es moderadamente ácido (5,25), su drenaje bueno y su fertilidad muy baja. Por su pendiente, presentan propensión a la erosión. Son aptos para toda clase de cultivos de clima frío. Ocupan el 1,6% de la cuenca.

Genética de los suelos de la sabana

Los estudios existentes (Gaviria S, 1997) han identificado en la cuenca alta del río Bogotá los siguientes órdenes de suelos: Entisoles, Inceptisoles, Andosoles, Alfisoles y suelos hidromórficos.

Los *Entisoles* son suelos caracterizados por la combinación de la fase mineral y la ausencia de horizontes pedogenéticos distintivos. La falta de horizontes puede deberse o bien a la dominancia de material mineral en el suelo (como cuarzo, arena y otros), o a que no han tenido tiempo para formarse debido a la acumulación de materiales recientes o a la transformación permanente del perfil ligada a procesos erosivos bajo pendientes fuertes. Por estas razones, este orden de suelos se observa, principalmente, en las partes más abruptas de los cerros que bordean a la sabana, como los cerros orientales de Bogotá y los situados entre Sopó y Sesquilé, entre otros.

Los *Inceptisoles* se caracterizan por la presencia de uno o más horizontes pedogenéticos formados por alteración o acumulación de materia, pero sin acumulación de materiales traslocados distintos a carbonatos y a sílice amorfo. Otras características son: texturas más finas que la arena arcillosa, presencia de minerales meteorizables, moderada capacidad de intercambio catiónico (CIC) y disponibilidad de agua en el suelo para las plantas por lo menos durante tres meses seguidos. En la región de Bogotá se distinguen tres tipos principales de Inceptisoles: humíferos, típicos y vérticos. Los humíferos se encuentran, principalmente, en las áreas de pendiente suave a moderada de los páramos, y se caracterizan por un horizonte de acumulación de materia orgánica en superficie (asociación Páramo-Usme-Guasca). Los típicos se hallan, asimismo, en los páramos y partes altas, especialmente al sureste (Sumapaz) y al noreste (región del Sisga). Los Inceptisoles vérticos se han desarrollado, de manea especial, sobre una terraza arcillosa localizada en El Tintal, al suroeste de Bogotá.

Los *Andosoles,* o suelos derivados de cenizas volcánicas, son los más abundantes en la sabana. Ellos se caracterizan por la presencia de un horizonte oscuro, rico en humus y en sílice amorfo (alófanos), proveniente de la descomposición de las cenizas volcánicas, y tienen una alta capacidad de intercambio catiónico. En general, ellos corresponden con la asociación Tibaitatá-Zipaquirá-Corzo, mencionada arriba, la cual se extiende, principalmente, al centro y al occidente de la sabana. No obstante, también se encuentran sobre la mayor parte de la ladera occidental de la cuenca, desde el páramo de Guerrero hasta Facatativá y en algunas laderas del sur (zona de Usme) y centro oriente (laderas al oeste de La Calera-Guasca).

Los *Alfisoles* se caracterizan por un horizonte gris, pardo o rojizo (epipedón ócrico) no oscurecido por el humus cerca de la superficie, y un horizonte de acumulación de arcilla. Tienen, además, un alto porcentaje de saturación de bases y disponibilidad de agua en el suelo por lo menos durante tres meses seguidos en el año. El horizonte argílico (B) es enriquecido por los minerales de la arcilla y aparece moderadamente saturado de bases intercambiables como calcio y magnesio, mientras que el horizonte A superior pierde bases, minerales arcillosos y sesquióxidos. En la sabana de Bogotá, los alfisoles se encuentran de preferencia en el sector nororiental de la cuenca, al norte de La Calera y al noreste de Zipaquirá, y en las colinas del suroccidente de la ciudad y de la zona de Mondoñedo, al sur de la sabana, donde los climas son más secos.

Los *suelos hidromórficos* corresponden, en lo esencial, a los valles aluviales del río Bogotá y de sus tributarios (asociación Bogotá-Nemocón), donde la presencia temporal de agua en el perfil genera fenómenos alternados de oxidación y de reducción que redistribuyen el hierro y los demás elementos en el perfil y dan origen a horizontes moteados grises, ocres y rojizos conocidos como gley o seudo-gley.

En la mayor parte de la región, estos órdenes de suelos se encuentran combinados, según la pendiente, la humedad, el material parental y el microclima, dando lugar a mosaicos de suelos.

3. ESTRUCTURA BIÓTICA

3.1. ECOSISTEMAS NATURALES BÁSICOS

Los ecosistemas naturales básicos, o sea aquellos que deberían existir si la acción humana no los hubiera transformado son: el bosque andino bajo, el bosque altoandino y el páramo. Además, es necesario considerar los matorrales xerofíticos y la vegetación de los humedales, que constituyen ecosistemas locales relacionados con condiciones de clima seco y de humedad del suelo locales, figura N° 1

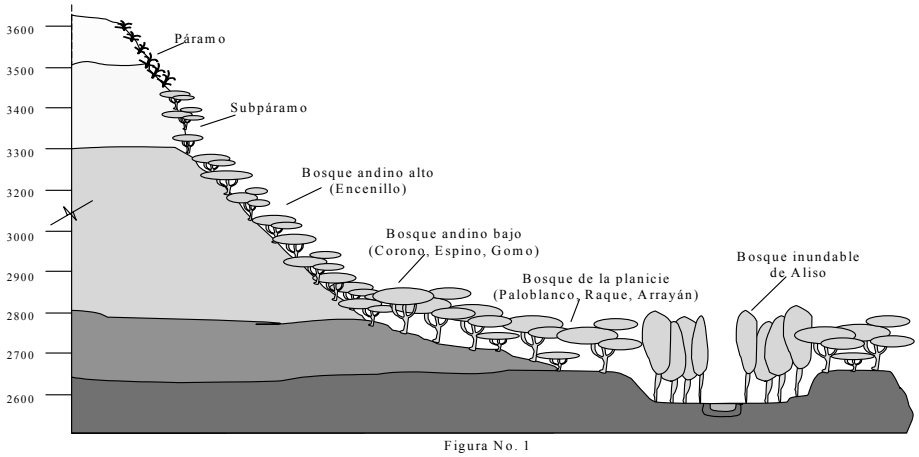

Figura No. 1

Zonas de vegetación potencial en la cuenca alta del río Bogotá. Sabana de Bogotá con relación a la altitud.
Fuente: CAR – Th, Van der Hammen, 1999

Bosque andino bajo

El bosque andino se extiende aproximadamente desde la altitud de la Sabana (2.500 msnm) hasta los 2.750-2.800 msnm, con temperaturas medias anuales entre 12 y 14°C y precipitaciones entre 600 y 1200 mm. La fisonomía del bosque andino original presentaba tres estratos principales: uno arbóreo, compuesto por dos subestratos, uno superior de 25 a 30 m. y otro inferior de 15 a 18 m., este último mezclado con palmas y helechos arborescentes; un estrato arbustivo poco denso no mayor de 5 m. de altura, que en algunos casos se convierte en un estrato graminoide alto, a base de chusques; y finalmente un estrato herbáceo y muscinal, con hierbas de diferentes especies, plántulas de las especies leñosas del bosque y numerosos musgos, hepáticas, líquenes y hongos. Hay además gran diversidad de epífitas vasculares y briofitas (Salamanca, 1984). En los árboles y arbustos predominan las hojas mesófilas y micrófilas. La capa de hojarasca alcanza un grosor de 5 a 25 cm. El chusque, las palmas y los helechos arborescentes se desarrollan de manera preferente en los claros dejados por los árboles caídos. No obstante, los bosques o sus restos que existen a la fecha son bosques secundarios, es decir, desarrollados después que el bosque original o primario fuera talado. Por esta razón, la altura de los actuales bosques es, por lo general, inferior a 15 metros.

Desde el punto de vista florístico, se observa una selección de especies tolerantes o adaptadas a las temperaturas bajas, lo que ha conllevado a la formación de bosques mas o menos homogéneos, dominados por una o por algunas pocas especies. De acuerdo con varios investigadores (Cuatrecasas, 1958; Cleef et. al., 1983, 1984; IGAC–INDERENA-CONIF, 1984; Van der Hammmen, 1998), en la zona de la sabana de Bogotá es posible distinguir tres subtipos de bosque andino bajo: el bosque de la planicie, el bosque de los cerros interiores, secos, y el bosque de las laderas interiores de los cerros

exteriores, más húmedos. El bosque andino bajo corresponde, en términos generales, al llamado "bosque seco montano bajo", según la clasificación de Holdridge.

Bosque de la planicie: palo blanco y raque

Este bosque desapareció, en su casi totalidad, de la sabana. De un resto intervenido existente al oeste de Suba se sabe que estaba dominado por palo blanco (*Ilex kundtiana*) y raque (*Vallea stipularis*), con abundancia de arrayán (*Myrcianthes leucoxyla*), té de Bogotá (*Symplocos theiformis*), amarguero (*Eupatorium sp.*), cerezo (*Prunus serotina*), palo amarillo (*Rhamnus goudotiana*), aliso (*Alnus acuminata*), arboloco (*Polymnia pyramidalis*), chilco (*Baccharis latifolia*) y *Verbesina* (Van der Hammen, 1998), entre otros.

Bosque de los cerros interiores: corono, espino y raque

Está limitado a la parte baja de los cerros interiores de la sabana, relativamente más secos que los ubicados en las laderas externas. Sus especies dominantes son el corono (*Xylosma spiculiferum*), el espino (*Duranta mutisii*) y el raque (*Vallea stipularis*), con abundancia de arrayán (*Myrcianthes leucoxyla*) y presencia de cineraria espinosa (*Barnadesia spinosa*), gomo (*Cordia sp*), palo blanco (*Ilex kundtiana*), cordoncillo (*Piper bogotense*), palo amarillo (*Psychotria boqueronensis*), tominejero (*Palicourea lineariflora*), cucharo (*Myrsine guianensis*), llorones (*Solanun caripense*), salvio blanco (*Lippia hirsuta*), cedrillo (*Phyllanthus salviaefolius*) y granado (*Daphnopsis sp*).

Otras especies representadas son: cedro (*Cedrela montana.*), uvilla (*Cestrum parvifolium*), mortiño (*Hesperomeles heterophylla*), tuno (*Miconia ligustrina*, *M. squamulosa, M. macrophylla*), mano de oso (*Oreopanax floribundum*), cucharo (*Myrsine ferruginea*), chuque (*Viburnum tinoides*), encenillo (*Weinmania tomentosa*) y trompeto (*Bocconia frutescens*).

También abundan bejucos como zarzaparrilla (*Smilax floribunda*), zarcillejo (*Mutisia clematis*), lechero (*Certropogum ferruginea*), coronillo (*Muelenbeckia tamnifolia*) y helechos como *Blechnum loxense*.

Bosque de cerros exteriores: mano de oso y gomo

Cubre las partes bajas de las laderas interiores de los cerros exteriores, más húmedos, de la sabana, especialmente al oriente. Por la mayor humedad, presentan un estrato herbáceo y muscinal mejor desarrollado, así como abundancia de helechos, chusques y palmas. Sus especies dominantes son mano de oso (*Oreopanax floribundum*) y gomo (*Cordia sp*), aunque son abundantes, también, granado (*Daphnopsis sp*), arrayán negro (*Eugenia rhopaloides*), tuno (*Miconia buxifolia*), laurel de monte (*Myrica pubescens, M. parvifolia*), gaque (*Clusia multiflora*), mortiño (*Hesperomeles heterophylla*), tunos (*Miconia ligustrina*, *M. squamulosa, M. macrophylla*), tominejero (*Palicourea angustifolia*), cordoncillo (*Piper bogotense*), cucharos (*Myrsine guianensis, M. ferruginea*), palo amarillo (*Rhamnus goudotiana*).
Entre los bejucos se encuentran la zarzaparrilla (*Smilax floribunda*), zarcillejo (*Mutisia clematis*), lechero (*Certropogum ferruginea*), coronillo (*Muelenbeckia tamnifolia*) y helechos como *Blechnum loxense, Botrychium sp.* y muchos polipodiáceos y chusques (*Chusquea sp.*).

Bosques de roble

La existencia de restos de robledales (*Quercus humboldtii*) en las laderas exteriores de los cerros que bordean la sabana por el occidente (hacia el Magdalena) sugiere la posibilidad de que hubieran podido existir bosques de roble en algunos sectores de las laderas interiores y de los piedemontes, dentro de la cuenca, caso en el cual los robledales podrían haber sido similares a los que hoy en día existen en la zona de Chiquinquirá, entre 2.550 y 2.800 msnm. En estos bosques, junto con el roble, se encuentran

especies tales como corono (*Xylosma spiculiferum*), espino (*Duranta mutisii*), raque (*Vallea stipularis*), arrayán (*Myrcianthes leucoxyla*) cucharo (*Myrsine guianensis*) y guasco (*Barnadesia tomentosa*).

El piso del bosque andino bajo ha sido, quizá, el más afectado por la deforestación histórica y actual. En él se ubica la totalidad de pueblos de la Sabana y la propia ciudad de Santafé de Bogotá. En la parte inferior del piso, por debajo de 2.700 m., predominan, actualmente, los pastizales y, en algunos sectores, los cultivos de hortalizas. En la parte superior, por encima de 2.700 m, se inicia el subpiso de la papa, acompañada de algunos cultivos menores como haba y hortalizas, además de pastos (caso de Usme).

Bosque altoandino

Bosques de encenillo

Este se extiende aproximadamente entre 2.750-2.800 hasta 3.300-3.500 msnm. Se trata de un bosque de fisionomía muy distinta a la del andino bajo, con un solo estrato de árboles pequeños y arbustos nanófilos (hojas muy pequeñas), de troncos casi siempre torcidos y con alturas entre 3 y 10 m., en el que predominan los elementos de la familia de las Compuestas. Además, forman parte de este estrato algunas hierbas altas como las bambusas Neurolepis sp. y Chusquea sp. y bromeliáceas del género Greigia. Los musgos son muy abundantes y forman, junto con la hojarasca, gruesos colchones en el piso del bosque, de 20 a 50 cm de espesor, de gran importancia en el ecosistema y en la regulación del agua. Muchos de los musgos trepan y cubren totalmente los troncos y las ramas de los árboles, junto con otras epífitas y bromelias (Salamanca, 1984). No obstante, el cambio entre el bosque andino bajo y el altoandino es gradual, tanto florística como fisionómicamente. Este tipo de bosque corresponde, en términos generales, al "bosque húmedo y muy húmedo montano", según la clasificación de Holdridge, con temperaturas medias anuales de 9 a 12°C y precipitaciones medias de 900 a 1.500 mm. anuales.

Florísticamente, el elemento más característico de los bosques altoandinos de la sabana de Bogotá es el encenillo (*Weinmania tomentosa*), el cual puede alcanzar hasta un 25% de la cobertura a nivel de copas (Van der Hammen, 1998). Otros elementos arbóreos frecuentes son: pegamosco (*Befaria aestuans*), manzano (*Clethra fimbriata*), gaque (*Clusia multiflora*), canelo (*Drymis winteri*), espino (*Duranta mutisii*), arrayán (*Eugenia rhopaloides*), maíz de perro (*Gaultheria anastomosans*), granizo (*Hedysomum bomplandianum*), uva (*Macleania rupestris*), tabaquillo (*Macrocarpea glabra*). Algunas especies aumentan con la altitud, como cedro (*Cedrela sp*), palo amarillo (*Psychotria boqueronensis*), tominejero (*Palicourea angustifolia*), tagua (*Gaiadendron punctatum*). Otros elementos comunes son mortiño (*Hesperomeles heterophylla*, *H. ferruginea*), tuno (*Miconia cundinamarcensis, M. biglandulosa, M. ligustrina, Axinaea scutigera*), cordoncillo (*Piper lacunosum*), cucharo (*Myrsine guianensis, Geisanthua andinus, G. bogotense*), palo amarillo (*Rhamnus goudotiana*) y chuque (*Viburnum triphyllum*). En el límite del bosque hay raque (*Vallea stipularis*) y especies heliofíticas como charne (*Bucquetia glutinosa*), sedo (*Gynoxis ilicifolia*), chite (*Hypericum spp*), canelo (*Drymis granatensis*) y granizo (*Hedyosmum bomplandianum*). Se estima que en este tipo de bosque es fácil encontrar 50-50 especies de plantas cada 500 m^2, de las cuales 20-30 leñosas.

La alta cobertura de briófitos epífitos y terrestres es indicadora de alta humedad atmosférica, debida a la niebla que frecuentemente se asienta sobre este bosque.

El bosque altoandino ha sido destruido en su mayor parte, para dar paso al pastoreo de ganado vacuno y ovino y a algunos cultivos de papa. En los lugares abandonados se produce un avance de la vegetación del páramo, la cual caracteriza la mayoría de los paisajes por encima de 3200 m. de altitud. Las quemas periódicas, llevadas a cabo para favorecer el rebrote de los pastos, impiden la

recolonización del bosque, la cual de por sí es muy lenta dadas las condiciones muy limitantes de temperatura. Por esta razón, en el pasado muchos autores han situado el límite bosque-páramo alrededor de los 3.000 m. o a veces menos. La degradación del bosque altoandino ha producido en muchos sitios un tipo especial de matorral más o menos abierto, a base de elementos propios del bosque altoandino y del páramo, el cual ha sido frecuentemente denominado "subpáramo".

En realidad y dado que en algunas partes el paso del bosque al páramo herbáceo es relativamente rápido, la formación vegetal conocida comúnmente como subpáramo bien podría corresponder al bosque altoandino degradado, por lo menos parcialmente. El proceso de avance de la vegetación de páramo sobre el piso del bosque altoandino, a causa de la tala y la quema, se conoce con el nombre de *paramización o paramerización*.

El páramo

El cinturón de los páramos se extiende de forma aproximada desde los 3.300 - 3.500 msnm. hasta los 4.000- 4.200 m. de altitud, máxima altura en la región de Bogotá (Cerro Nevado del Páramo de Sumapaz), con temperaturas medias entre 4 y 9°C y precipitaciones entre 700 y 2.000 mm.

El páramo es una formación vegetal predominantemente herbácea, conformada por gramíneas macollosas y salpicada por arbustillos enanos solos o en grupos y por plantas arrosetadas y caulirrósulas, la más característica de las cuales es el frailejón (*Espeletia*). En general, se acostumbra dividir al páramo en tres fajas, de acuerdo con diferencias fisionómicas y florísticas: el subpáramo, el páramo propiamente dicho y el superpáramo, de las cuales sólo las dos primeras se encuentran en la región de Bogotá. La composición florística de estas subunidades, así como del resto de formaciones vegetales andinas, depende del relieve, la altitud, la humedad, los suelos y la acción humana, entre otros. En particular, influye en gran medida la posición del páramo en vertiente húmeda (a barlovento) o en vertiente seca (a sotavento).

El subpáramo

El subpáramo es una faja angosta e irregular localizada entre el bosque altoandino y el páramo propiamente dicho, entre 3.300 y 3.600 msnm., aproximadamente. Se caracteriza por matorrales arbustivos más o menos abiertos y está salpicada por arbolitos del bosque altoandino inferior. Se trata, de hecho, de una faja de transición entre el bosque y el páramo. Sin embargo, se le ha dado categoría de subpiso en atención a que presenta algunos elementos característicos que faltan en la flora del bosque altoandino.

En sitios abrigados se pueden encontrar bosques bajos de palo colorado (*Polylepis boyacensis*) y tíbar (*Escallonia myrtilloides*), o matorrales de cachovenao (*Aragoa sp.*), romero (*Senecio pulchellus*), amarguero negro (*Ageratina fastigiata*) y *Vaccinium floribundum*, matorrales enanos de sanalotodo (*Arcytophyllum sp*) y restos de bosques bajos de encenillo (*Weinmania tomentosa*), colorado, tíbar y otras. También se encuentran matorrales de charne (*Bucquetia vernicosa y B. glutinosa)*. En la parte inferior del subpáramo, especialmente en las vertientes secas, es posible hallar matorrales de frailejones (*Espeletiopsis sp, Espeletia sp* y otras), con *Bucquetia glutinosa, Maclaena rupestris y Brachyotum strigosum*, mientras que, en la parte alta, predominan los matorrales abiertos de *Arcytophyllum nitidum*, con *Lycopodium contiguum y Gaultheria sp.*, o los de *Senecio vaccinioides*. En las vertientes húmedas se encuentran matorrales de *Arcytophyllum nitidum*, con el chusque *Swalenochloa tesselata* y *Xyris acutifolia*. En las zonas más húmedas, *Swalenochloa* puede llegar a ser dominante. Mezclados con estos elementos aparecen otros pertenecientes al bosque altoandino y al páramo propiamente dicho.

El subpáramo, al igual que el bosque altoandino, también ha sido objeto de degradación por quemas y pastoreo, por lo cual es difícil distinguir con exactitud el límite de las dos formaciones. En general, el límite inferior del subpáramo se confunde en el bosque altoandino y el superior escasamente sí sobrepasa en 100 o 200 m. de altitud la línea del bosque.

El páramo propiamente dicho

El páramo propiamente dicho es una formación herbácea continua, salpicada por arbustillos y por plantas arrosetadas. El se extiende, aproximadamente, por encima de los 3.500-3.600 m de altitud en la zona. Hay una diferencia florística notable entre los páramos de las laderas húmedas y los de las laderas secas. Los estudios de Cleef (1981, 1984), Salamanca (1984), Cuatrecasas (1958), Rangel et. al (1982) y Cleef y Rangel (1984), han permitido esbozar las siguientes líneas sobre la flora del páramo propiamente dicho.

Los páramos secos, que cubren la mayor parte de las vertientes interiores de la cuenca, se caracterizan por el predominio de los pajonales, especialmente de *Calamagrostis* (*C. effusa, C. recta, C. bogotensis*), junto con otras gramíneas y ciperáceas como *Festuca dolichophylla, F. sublimis, Lorenzochloa erectifolia, Agrostis haenkeana, Cortaderia sp., Rhynchosphora macrochaete y Poa sp*. Entre estos pajonales sobresalen los frailejones de varias especies, como *Espeletia grandiflora, E. barclayana, E. jaramilloi, E. congestiflora, E. argentea, E. boyacensis, E. lopezii, E. azucarina, E. cleefii, E. conglomerata y Espeletiopsis colombiana*. Especialmente extendidos son los pajonales de *Calamagrostis effusa* con *Espeletia grandiflora*. Entre los arbustillos que salpican el pajonal o que forman pequeños matorrales se mencionan: *Vaccinium floribundum, Pernettya prostrata, Hypericum* (varias especies), *Diplostephium schultzii, D. revolutum, Pentacalia vernicosa y P. vaccinioides*.

En los páramos de las vertientes húmedas (vertientes exteriores, hacia los Llanos y/o el Magdalena, en general por fuera de la cuenca de la sabana) domina, netamente, el chusque *Swalenochloa tesselata*, acompañado a veces de *Rhynchosphora paramorum, Castratella piloselloides y Oreobolus obtusangulus*. Sin embargo, en la parte superior del subpiso vuelven a predominar los pajonales de *Calamagrostis*. Entre los frailejones asociados a estos páramos húmedos, los más mencionados son *Espeletia congestiflora, E. grandiflora, E. lopezii, E. murilloi, E. incana y E. summapacii*. De los arbustillos, los más comunes son: *Hypericum, Diplostephium, Escallonia myrtilloides, Hesperomeles, Defontainia spinosa, Berberis sp. y Pentacalia spp*, entre otros. Evidentemente, la frecuencia de estas especies no es la misma en las distintas zonas del páramo. Por otro lado, en función de la humedad, los pajonales de *Calamagrostis* y los chuscales de *Swalenochloa* se entremezclan, en mayor o menor grado, junto con sus respectivos elementos asociados.
De otro lado, el páramo propiamente dicho es muy rico en musgos, los cuales, en muchas partes, forman un espeso colchón de gran importancia para la regulación hídrica de las cuencas hidrográficas. Entre los principales se mencionan: *Sphagnum magellanicum, S. cuspidatum, S. oxyphyllum, S. cyclophyllum, Breutelia allionii, B. chrysea, Gongylanthus granatensis, G. innovans, Adelanthus linderbergianus, Anastrophyllum spp., Telaranea nematodes* y otros. La cobertura de musgos aumenta en las depresiones y en los páramos húmedos. En las depresiones y en los humedales de poca profundidad se forman, con frecuencia, turberas con gruesas almohadillas o cojines flotantes constituidos por musgos y por un llantén especial denominado *Plantago rigida*.

Los principales páramos o complejos de páramos de la cuenca son los de Piedraventana-Peña Negra, Laguna Verde-Guerrero-Peña Negra-Agua Blanca, Guasca-Palacio, Cruz Verde y Chisacá-Sumapaz.

En la mayor parte de la zona, el páramo propiamente dicho ha sido objeto de explotación extensiva para pastoreo de vacunos y de ovinos. Esta práctica, junto con las quemas periódicas que le son propias, ha ocasionado una disminución de la diversidad florística del páramo y, sobre todo, la destrucción de las briofitas (musgos) y de las plantas macollosas, dando paso a comunidades más

simples, conformadas, especialmente, por especies fotófilas y xerófilas, tales como *Castilleja integrifolia, Paepalanthus karstenii, Arcytophyllum muticum, Eryngium humile y Castratela sp*. Si las quemas son frecuentes, algunas de estas especies pueden florecer y fructificar varias veces al año. En ocasiones, las quemas dan como resultado la formación de helechales (de *Pteridium sp*.), sobre todo en el páramo bajo, en el límite con el bosque.

Formaciones vegetales azonales

El bosque andino bajo, altoandino y el páramo son formaciones zonales altitudinales, las cuales se repiten a todo lo largo de los Andes colombianos, por encima de los 2.500 msnm, con diferencias pequeñas en los límites altitudinales por efecto, principalmente, de las condiciones del clima regional (vientos, humedad y temperatura). No obstante, las condiciones locales de sequía y las características de los suelos han dado lugar en la sabana de Bogotá a ciertos tipos de formaciones vegetales azonales, en especial los matorrales xerofíticos, los bosques de zonas inundables y la vegetación de humedales.

Matorrales xerofíticos

Se encuentran en las zonas más secas de la sabana, con precipitaciones anuales por lo general inferiores a 600-700 mm, asociados con frecuencia a suelos con horizonte argílico o clay-pan (planosoles) correspondientes a las asociaciones Bojacá-Cogua-Techo y, localmente, Cabrera-Cogua y Monserrate. Se trata de Alfisoles e Inceptisoles (a veces vérticos) muy erosionables, condición que se acentúa mientras más seco sea el clima y más fuerte la pendiente. Por esta razón, estas son las zonas más erosionadas de la cuenca.

En principio se han identificado dos tipos de matorrales xerofíticos, en función de su fisionomía y de su composición florística (Van der Hammen, 1998):

- ***Matorral de tuna y hayuelo***. Es un matorral arbustivo de hasta 2 m de altura, localizado en la zona seca del suroeste de la sabana y compuesto en un 80% de la cobertura total por hayuelo (*Dodonaea sp*), *Salvia bogotense* y *Ageratina leyvense*, además de dos especies de tuna (*Opuntia sp*) de hasta 4 m. de altura. Otros elementos característicos son *Solanum lycioides, Stevia lucida, Lantana sp*., fique (*Furcraea sp. y Agave sp*.). El estrato rastrero está compuesto en un 75% de la cobertura a nivel del suelo por musgos y *Selanigella sellowii* y en un 10% por hierbas como Aizoaceae, Amaranthaceae y Malvaceae, *Artemisia cf sideroi, Castilleja sp, Heterospermum sp, Chaptalia sp, Achyrocline sp, Conysa sp, Dichondra sp, Echeverria sp, Epidendrum sp, Euphorbia sp, Evolvulus sp, Ipomoea sp, Lepidium sp, Lupinus sp, Oxalis sp, Peperomia sp, el llantén Plantago sericea, Tillandsia sp, y Tradescantia sp*. También, hay helechos xerofíticos *como Arachnioides sp, Cheilanthes sp, Notholaena sp, Pellaea sp y Polypodium sp*. Es de destacar la presencia del cactus endémico subterráneo *Wigginsia vorwerkiana*. En general la formación está degradada por el pastoreo de ganado.

- ***Matorral de espino y condalia***. Es un matorral o bosque bajo de 3 a 10 m de altura, localizado en la zona del Checua, al norte de la sabana, y compuesto por espino (*Durantha mutisii*), condalia (*Condalia sp*), mortiño (*Hesperomeles sp*), ciro (*Baccharis bogotense*), sangregado (*Croton sp*) tuna (*Opuntia sp*), hayuelo (*Dodonaea viscosa*), gomo (*Cordia sp*), cucharo (*Myrsine sp*) corono (*Xylosma sp*), *Lantana sp*, y otras. Los musgos y *Selaginella sellowii* cubren el 60% del suelo y las hierbas el 30%. Se destacan *Peperomia sp, Echeverria sp*, helechos y quiches (Bromeliaceae).

Estudios de vegetación realizados en la zona de la laguna de La Herrera (Vink R. y Wijninga V., en Van der Hammen, 1998) muestran detalles de la sucesión característica de estos matorrales, desde la fase inicial de algas y líquenes, pasando por pastizales y matorral arbustivo bajo hasta el matorral arbustivo

del tipo tuna y hayuelo, con variantes en la composición florística de acuerdo con las condiciones locales.

Bosque de zonas inundables

Es el bosque característico de los actuales valles aluviales del río Bogotá y de sus tributarios, los que son especialmente importantes en la parte más baja del sur de la sabana, donde se junta el río Bogotá con varios de sus principales afluentes (Balsillas, Tunjuelo, Soacha y Fucha) y allí, por tal motivo, se encuentra la mayor parte de los humedales sabaneros.

Estos valles, como se anotó anteriormente, fueron excavados por los ríos en los sedimentos lacustres una vez que el antiguo lago se secó. En la actualidad están sujetos a inundaciones periódicas durante la época de lluvias y presentan suelos hidromórficos, con manchas amarillentas a rojizas en su perfil, debidas al proceso de gleización (oxidación-reducción periódicas a causa de los movimientos del agua en el suelo). Se trata de Entisoles (Fluvaquents) de la asociación Bogotá-Nemocón, ya descrita atrás.

No obstante, en el norte de la sabana se ha encontrado una capa humosa-turbosa debajo de la capa de arcilla (Van der Hammen, 1998), la cual parece indicar una época de pocas inundaciones y poca sedimentación de arcilla, régimen que cambió con el incremento de la deforestación y la agricultura.

En la actualidad sobreviven restos del bosque inundable de aliso, aunque, según parece, existieron dos tipos de bosque de aliso (uno sobre arcilllas de inundación y otro sobre material de turba), así como un matorral de laurel (*Myrica sp*) poco conocido aún.

- ***Bosque inundable de aliso***. Como su nombre lo indica, la especie dominante es el aliso (*Alnus acuminata*), acompañado de tuno (*Miconia reclinata*), *Eupatorium fastigiatum, Cestrum buxifolium*, cerezo (*Prunus serotina*), *Baccharis revoluta, Lwdwigia peruviana* y numerosas hierbas higrófilas. Además de la sabana, este bosque se extendía a lo largo de ríos y de las quebradas desde los 2.100 msnm (por fuera de la sabana) hasta los 3.100 y, localmente, 3.500 msnm. Estos bosques tenían gran importancia en la regulación de las crecidas y los chibchas utilizaban localmente sus fértiles suelos mediante un sistema de camellones y de zanjas muy conocido en toda la zona andina precolombina. La leyenda de Bochica recuerda, por lo menos, la existencia de grandes y desastrosas inundaciones en la sabana, ligadas a la deforestación y a la ocurrencia de épocas húmedas.

Vegetación de humedales

Al interior de la llanura inundable actual hay una serie de áreas de topografía deprimida o baja, donde el agua se encuentra más o menos estancada a nivel del suelo, por lo que forma *pantanos*, o por encima del nivel del suelo, donde crea *lagunas o chucuas,* durante todo el año o gran parte de él. La inundación permanente impide la presencia del bosque de aliso y en su lugar aparecen varios tipos de vegetación herbácea ribereña, flotante y sumergida.

- *Vegetación ribereña de juncos y eneas*. Este tipo de vegetación enraiza en el cieno de los pantanos y de las chucuas hasta cierta profundidad (1-2 m). Está dominada por especies tales como los juncos (*Scirpus californicus*), eneas (*Typha angustifolia*), polígono (*Polygonum punctatum*), lengua de vaca (*Rumex obtusifolius*), duarte (*Bidens laevis*) y otras. El suelo es, casi siempre, turboso o conformado por arcillas de sedimentación.

- *Vegetación flotante*. Son plantas que flotan sobre la superficie del agua, en especial el buchón (*Limnobium laevigatum*), que llega a ser dominante, el helechito colorado (*Azolla filiculoides*), la hepática acuática *Ricciocarpus natans*, la lenteja de agua (*Lemna sp*.) y el *Hydrocotyle*

ranunculoides. Este tipo de vegetación aumenta con el grado de eutrofización del cuerpo de agua (riqueza en nutrientes proveniente de la descomposición de la materia orgánica)

- Un tipo especial de vegetación flotante lo conforma el buchón *Eichornia crassipes*, especie inmigrante de zonas tropicales bajas, el cual se ha extendido vegetativamente, de manera especial en lagunas contaminadas (embalse del Muña, laguna de Tibabuyes y otras).

- *Vegetación sumergida*. Tiene sus raíces en el fondo de las lagunas, hasta profundidades de varias decenas de metros (no existen estas profundidades en las lagunas sabaneras) formando a veces verdaderas praderas subacuáticas. Las principales especies son la hierba de agua (*Myriophylum sp*) y el chira (*Potamogetum sp.*). En lagunas eutrofizadas es frecuente encontrar comunidades de elodea (*Egeria densa*), una especie importada al lago de Tota, en Boyacá, en los años 1970-80, y dispersada desde allí a otros embalses y lagunas del altiplano cundiboyacense.

Tanto los pantanos como las chucuas o lagunas de la sabana están en proceso de desaparición, como consecuencia de la sedimentación, generada por la deforestación de sus cuencas, la colmatación orgánica, producida por el desarrollo acelerado de la vegetación acuática (eutrofización) a causa del vertimiento de aguas negras y de los excrementos de vacunos que pastorean dentro o en sus orillas, y el relleno por parte de los propietarios ribereños, bien sea para aumentar sus tierras de pastoreo o para urbanizar. Esta última práctica es la principal causa del retroceso de los humedales al interior del Distrito Capital.

3.2. FAUNA

La fauna, como la vegetación, ha sufrido un intenso proceso de degradación en la región de Bogotá, como consecuencia de la tala de los bosques, la agricultura, el pastoreo, la minería y la urbanización. Algunos elementos sobre la situación actual de la fauna son los siguientes:

Aves

Se han reportado cerca de 100 especies en la sabana de Bogotá, 38 de las cuales son migratorias del Norte y Suramérica. La mayor parte de ellas se encuentran en los bosques y en los rastrojos que bordean a la sabana o están localizados en su interior. Otras tienen su hábitat, temporal o permanente, en los humedales (garzas y patos). Las demás, en fin, se han acomodado a la vida urbana y se encuentran en los jardines y parques de Bogotá y en los pueblos sabaneros.

Algunas de estas especies están en peligro de extinción o han desaparecido, debido a la caza y a la desecación de sus habitats. Entre ellas se mencionan (Arango, sin fecha): el pato zambullidor real (*Podiceps andinus*), la garcita mona (*Ixobrichus exilis bogotensis*), el pato pico de oro (*Anas georgica niceforoi*), el pato colorado (*Anas cyanoptera borreroi*), el pato carranso (*Netta erythropthalma*), el pato turrio (*Oxyura jamaicensis andina*), la polla de agua (*Rallus semiplumbeus*), la tingua (*Porphyriops melanops bogotensis*), la gallineta de agua (*Fullca americana columbiana*), la caica sabanera (*Gallinago nobilis*), la caica piquicorta (*Gallinago strcklandii jamesonii*), la caica colorada (*Gallinago imperialis*), el papamoscas de Bogotá (*Polystictus pectoralis bogotensis*), el cucarachero de pantano (*Cistothorus apolinarii*) y la monjita mona (*Agelaius icterocephalus bogotensis*). El pato pico de oro y, posiblemente, el pato zambullidor andino se extinguieron ya.

Mamíferos

Los bosques de la sabana de Bogotá y sus cerros aledaños eran ricos en mamíferos. Hoy en día estos han desaparecido en su mayor parte o se refugian en los bosques relictuales de las partes altas de la

cordillera, especialmente en las vertientes opuestas a las de la cuenca de Bogotá. Las especies que con mayor frecuencia se citan son mamíferos pequeños, como faras (*Didelphys albiventris, Marmosa fuscata*), murciélagos (*Corollia brevicauda, C. Castanea, C. Perspicillata, Sturnira bogotensis, Histiotus montanus, Nyctinomops aurispinosus*), comadrejas (*Mustela frenata*), zorro gallino (*Vulpes cinereoargentus*), conejo (*Sylvilagus brasiliensis*), ardilla (*Sciurus granatensis*), curí (*Cavia porcellus*) y diversas especies de ratones (*Aepeomys lugens, Akodon chapmani, Microxus bogotensis*, entre otros.

Herpetofauna

Entre los anfibios, las especies más comunes son *Hyla bogotensis, Hyla rubra, Hyla crepitans e Hyla labialis*, abundante en las lagunas y pantanos de la región. También se han reportado especies de los géneros *Collostetus, Centrolenella, Bolitogrossa y Cecilia*.

Los reptiles limitan su hábitat a las áreas de rastrojos nativos. Entre las especies de saurios más representativas se reporta *Fenacosaurus heterodermus*, lagarto arborícola en peligro de extinción. También se mencionana iguánidos como *Stenocercus trachicephalus* y otros.

Los ofidios están reducidos sólo a algunas especies de colúbridos, las más importantes de las cuales son la labrancera (*Atractus crasicaudatus*) y *Leimadophis sp*.

Peces

La fuerte contaminación que presenta el río Bogotá y sus principales afluentes han hecho casi desaparecer la ictiofauna nativa. En el pasado, el curso alto del río Bogotá y sus afluentes eran ricos en peces autóctonos como el capitán pequeño (*Pigydium bogotensis*), el capitán grande (*Eremophylus mutisii*) y la guapucha (*Grundulus bogotensis*). En los decenios del 50 y del 60 se introdujo la trucha (*Salmo gairdnerii*) y más tarde la carpa (*Cyprinus carpio*).

4. ESTRUCTURA HÍDRICA

La estructura hídrica se puede reducir a dos grandes componentes: las aguas superficiales y las subterráneas.

4.1. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

Las aguas superficiales de la sabana se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Un sistema natural conformado por las quebradas, los ríos y las lagunas.
- Un sistema creado, correspondiente a la red de canales y embalses construidos con diferentes fines (riego, acueductos, generación de energía y otros).

Sistema natural de ríos y quebradas (cuencas de drenaje)

El sistema natural de drenaje de aguas superficiales de la sabana lo constituyen 15 cuencas hidrográficas, tal como se relacionan en el Cuadro N° 3. Todos los ríos, quebradas, humedales, embalses y canales desaguan, finalmente, en el Bogotá. De las 15 cuencas que conforman el sistema, la más importante, por su tamaño, es la del río Balsillas, la cual drena toda la parte occidental y

representa el 15,5% de la superficie total de la cuenca alta del río Bogotá, siendo sus subcuencas principales las de los ríos Subachoque, Bojacá y Balsillas Bajo.

Le siguen en importancia la cuenca de Tibitó, con sus principales subcuencas del embalse del Neusa, río Checua, río Neusa (aguas abajo del embalse) y los ríos Susagua-Barandilla; la del embalse de Tominé (9,6%); la del río Tunjuelito (9,6%); la del río Teusacá (8,4%); y la del Alto Bogotá (Villapinzón) (6,5%). Las zonas de Tibitó-Salto (14,6%), Sisga-Tibitó (5,6%) y oriente bogotano (3,4%) abarcan una serie de pequeñas cuencas localizadas a lo largo del curso principal del río Bogotá. De especial importancia para la ciudad de Bogotá, por atravesar su casco urbano, son estas últimas más la cuenca del río Tunjuelito.

Cuadro No 3
SISTEMA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LA SABANA

CUENCA MAYOR	No	CUENCA	SUBCUENCA	ÁREA (Ha)	%	MUNICIPIOS
ALTO RÍO BOGOTÁ	1	**ALTO BOGOTÁ**		27.809	6,5	Villapinzón, Chocontá, Suesca
	2	SISGA		15.682	3,6	Chocontá, Sesquilé, Guatavita, Suesca
	3	TOMINÉ		41.240	9,6	Sesquilé, Suesca, Guatavita, Guasca
	4	TEUSACÁ		36.244	8,4	Sopó, Guasca, La Calera, Bogotá, Tocancipá
	5	TIBITÓ	Embalse Neusa	13.550	3,1	Tausa, Cogua
			Checua	16.954	3,9	Nemocón, Cogua, Suesca, Tausa, Cucunubá
			Río Neusa	4.674	1,1	Nemocón, Cogua
			Susagua-Barandilla	7.083	1,6 9,7	Nemocón, Zipaquirá, Cogua
	6	**NEGRO**		3.671	0,9	Zipaquirá, Cogua
	7	FRÍO		19.541	4,5	Zipaquirá, Cogua, Tabio, Subachoque, Cajicá, Chía
	8	CHICÚ		14.793	3,4	Tabio, Tenjo, Cota, Madrid
	9	BALSILLAS	Subachoque	40.086	9,3	Subachoque, El Rosal, Madrid, Funza, Mosquera, Facatativa
			Bojacá	19.915	4,6	Bojacá, Madrid, Facatativá, Mosquera
			Balsillas bajo	7.126	1,6 15,5	Bojacá, Mosquera, Soacha
	10	ORIENTE BOGOTÁ		14.722	3,4	Bogotá, Chía, Sopó
	11	TUNJUELITO	La Regadera	16.440	3,8	Bogotá
			Bajo Tunjuelo	24.987	5,8 9,6	Bogotá, Soacha
	12	SOACHA		5.431	1,3	Bogotá, Soacha
	13	MUÑA		13.477	3,1	Sibaté, Soacha
	14	SISGA-TIBITÓ		24.144	5,6	Chocontá, Suesca, Nemocón, Sesquilé, Zipaquirá, Gachancipá, Tocancipá.
	15	TIBITÓ-SALTO		62.901	14,6	Sopó, Tocancipá, Cajicá, Zipaquirá, Chía, Cota, Tenjo, Bogotá, Funza, Madrid, Mosquera, Soacha, Sibaté
		TOTAL*		430.470	100,0	

Fuente: CAR, Atlas Regional. * La diferencia con el cuadro No 2 se debe a la fuente.

Lagunas y pantanos

Además de estas corrientes, con todo su sistema de tributarios, forman parte del sistema hidrográfico superficial varias lagunas naturales, de las cuales las más importantes son las indicadas en el Cuadro N° 4.

Cuadro No 4
PRINCIPALES HUMEDALES DE LA SABANA

HUMEDAL	MUNICIPIO	HUMEDAL	MUNICIPIO
Laguna de Guatavita	Sesquilé	Laguna de Chisacá (Tunjuelo)	Distrito Capital
Lagunas de Siesca	Guasca	Laguna Las Garzas (Tunjuelo)	Distrito Capital
Laguna de La Herrera	Mosquera	Laguna El Alar (Tunjuelo)	Distrito Capital
Laguna Blanca	Mosquera	Laguna Bocagrande (Tunjuelo)	Distrito Capital
Laguna de Suesca	Suesca	Chucuas de Torca-Guaymaral	Distrito Capital
Pantano de Tibitó	Cajicá	Chucua de La Conejera (z. urbana)	Distrito Capital
Laguna La Florida	Cota-Funza	Chucua de El Burro (z. urbana)	Distrito Capital
Laguna Casanare	Funza	Chucua de La Vaca (z. urbana)	Distrito Capital
Laguna Gualí	Funza	Chucua de Capellanía (z. urbana)	Distrito Capital
Laguna Tierra Blanca	Soacha	Chucua de Tibanica (z. urbana)	Distrito Capital
Embalse El Pantano	Zipaquirá	Laguna de Juan Amarillo (z. urbana)	Distrito Capital
Laguna Verde (P. Guerrero)	Tausa	Laguna Sta María del Lago (z. urba)	Distrito Capital
Laguna de El Verjón (Teusacá)	Distrito Capital	Pantanos de Jaboque (z. urbana)	Distrito Capital
Laguna Larga (Tunjuelo)	Distrito Capital		

Fuente: este estudio.

Sistema creado

Los principales elementos del sistema creado son:

- Nueve (9) embalses de regulación, con capacidad útil total de 1.225,7 Mm^3, 8 en la cuenca del río Bogotá y 1 en el macizo de Chingaza (del cual se derivan aguas para la ciudad de Bogotá). De éstos, los embalses del Sisga, del Neusa y de Tominé, con capacidad de 888 Mm^3, tienen por objeto regular las aguas de la parte superior de la cuenca alta del río Bogotá, para garantizar el suministro al sistema de acueducto de la capital 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. El embalse del Muña, con capacidad útil de 41,4 Mm^3, almacena aguas negras del río Bogotá, utilizadas para generación de energía. El embalse del Chuza (220 Mm^3) regula aguas del macizo de Chingaza (ríos Chuza, Blanco y Guatiquía, de la cuenca del Orinoco) con destino al acueducto de la ciudad. Estas aguas son desviadas, a través de un túnel, hasta la planta de tratamiento de El Sapo (en La Calera), cuya capacidad máxima es de 14 m^3/s. El nuevo embalse de San Rafael, en La Calera, con capacidad de 65 Mm^3, es un depósito para cubrir contingencias destinado a almacenar agua proveniente del embalse de Chuza, Cuadro N° 5.

Cuadro No 5
EMBALSES DEL SISTEMA DEL RIO BOGOTA

EMBALSE	RIO	VOLUMEN UTIL Mm3	EMBALSE MUERTO Mm3	AREA CUENCA Km2	AÑO	PROP.
Tominé	Tominé	690.0	14.7	365.0	1962	EEEB
Neusa	Neusa	102.0	0.7	140.0	1951	CAR
Sisga	Sisga	96.0	5.0	145.0	1951	CAR
Muña	Muña	41.4	1.0	121.0	1944	EEEB
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	220.0	30.0	250.0	1983	EAAB
S. Rafael	Teusacá	65.0	10.0		1995	EAAB
Total		1225.7	65.53			

Fuente: EEEB. Todas son presas en tierra.

- Las aguas reguladas en los embalses del Sisga, del Neusa y de Tominé son tratadas en la planta de Tibitó, la cual tiene capacidad máxima de 11 m^3/s, y luego son bombeadas al acueducto de Bogotá. Esto disminuye considerablemente los caudales en un buen tramo del río entre Tibitó y la ciudad. Esta situación fue muy crítica hasta 1986, año a partir del cual se trata y se bombea sólo un caudal de 3,5 a 5 m^3/s. La disminución de caudal se da, también, en los cursos medio y bajo del río Tunjuelo, gracias a que las aguas reguladas en los embalses de La Regadera, Chisacá y Tunjos son enviadas a las plantas de tratamiento de Vitelma y de La Laguna, cuya capacidad máxima es de 1,5 m^3/s (1,2 para las aguas de estos embalses y 0,3 para las del río San Cristóbal). Además, las aguas captadas en el río San Francisco son tratadas en la pequeña planta del mismo nombre.

- Cinco plantas de tratamiento para el acueducto de la ciudad de Bogotá, con capacidad total de 26,5 m^3/s. Además de los embalses de regulación arriba mencionados, la EAAB adecuó un pequeño embalse en las cercanías del Parque de Sopó y de las desviaciones del río Blanco, donde capta las aguas del Teusacá para llevarlas a las dársenas del Tibitó, mediante 2 unidades de bombeo de 3,5 m^3/s de capacidad cada una. Esta operación puede ejecutarse sólo en invierno, pues en verano el caudal muy bajo del río debe utilizarse para riego y mantenimiento ecológico del cauce. En la actualidad, el acueducto de Bogotá consume un total de 15,0 m^3/s, distribuidos así: 5,0 del río Bogotá (planta de Tibitó), 1,0 del Tunjuelo y del San Cristóbal (planta de Vitelma y otras menores) y 9,0 del Chingaza (planta de El Sapo). Según datos de la EAAB, aproximadamente el 42% de este caudal se pierde por conexiones fraudulentas y pérdidas técnicas; éstas últimas son del orden del 25% del caudal tratado.

- 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 localizadas por fuera de la sabana pero que utilizan sus aguas, por lo cual se mencionan aquí. 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. La dos cadenas tienen una capacidad total instalada de 1175.5 Mw y requieren un caudal de 75 m^3/s para funcionar a plena capacidad. No obstante, el caudal medio del río Bogotá en Alicachín es apenas de un poco más de 32 m^3/s, por lo cual sólo durante cortos períodos de aguas altas es posible la utilización plena de dicha capacidad. La primera cadena de generación se inició en 1900 con la central de El Charquito (19 Mw); ésta se complementó 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. El volumen de agua para la generación está conformado por los caudales de retorno de las aguas negras al río Bogotá, por desembalses específicos para la producción de energía y por el caudal base del río, especialmente en las épocas de invierno.

- Existe, también, un sistema creado para fines de riego y de drenaje, constituido por numerosos canales y acequias a lo largo de toda la cuenca. La más importante zona de riego es la cubierta por el Distrito de La Ramada, entre Bojacá y Mosquera, a través del cual se pretende regar un total de 6.000 ha. En la actualidad, las aguas del río Bogotá se aprovechan, extensivamente, para riego, tanto en la sabana como en la cuenca baja. De acuerdo con datos de la CAR, la demanda media de agua para riego en la sabana se estima en 9 m^3/s, de los cuales 3 con riego controlado (Distrito de La Ramada) y 6 con riego no controlado (estimado con base en datos de concesiones de agua). No obstante, esta demanda fluctúa desde 4.0 m^3/s en los meses de invierno hasta 13.2 m^3/s en las épocas de verano.

Calidad de las aguas y conflictos de uso

Aspecto muy importante en la estructura hídrica superficial es la calidad de las aguas. A este respecto se debe decir que la mayor parte de los cuerpos de agua superficial se encuentran contaminados. Sólo las cabeceras de los ríos escapan a esta situación. El modelo general de contaminación puede ejemplificarse tomando el eje del río Bogotá mismo, el cual presenta cuatro tramos bien característicos, desde su nacimiento hasta su desembocadura: el primer tramo no o poco contaminado, con aguas cristalinas, desde su nacimiento hasta la población de Villapinzón; el segundo, de contaminación creciente, de leve a moderada, desde Villapinzón hasta la desembocadura del río Salitre; el tercero, muy fuertemente contaminado, desde el río Salitre hasta Tocaima; y el último tramo, de contaminación alta, desde Tocaima hasta su desembocadura en el río Magdalena. En el capítulo dedicado al río Bogotá, dentro de este mismo informe, se presenta en mayor detalle el problema de la contaminación. Al igual que el río Bogotá, los ríos Salitre, Fucha y Tunjuelo, por recibir y conducir las aguas residuales de la capital, presentan niveles de contaminación similares o incluso superiores.

Fuera del río Bogotá y sus tributarios urbanos, los más contaminados de la cuenca alta son el Bojacá, el Negro, el Frío y el Teusacá. También, presentan un alto grado de contaminación el embalse del Muña, la laguna de La Herrera, las chucuas de Torca-Guaymaral, todos los humedales urbanos de Bogotá y las lagunas Casanare, Gualí (Funza) y Tierra Blanca (Soacha).

La baja calidad de las aguas del río Bogotá genera conflictos con los usuarios actuales y los potenciales, en especial para riego en el sur y en el suroccidente de la sabana, donde se encuentra el más importante distrito de riego (La Ramada), y para recreación, riego y acueductos en la cuenca media y baja. Además, ocasiona graves impactos sobre a salud de las poblaciones localizadas en las márgenes del río, tanto en el sur de la sabana (desde Suba hasta Sibaté) como en los municipios de la cuenca media y baja, disminuye las posibilidades de pesca y afecta las infraestructuras mismas de producción de energía mencionadas.

Fuera de estos conflictos, deben citarse, además, los ligados a la disminución de agua para diferentes usos en la Cuenca Alta del río Bogotá, a los cuales se hace referencia en el capítulo dedicado al río Bogotá.

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).

4.2. HIDROLOGÍA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Balance

La precipitación total que cae sobre la Cuenca Alta del río Bogotá se estima en 3.040 millones de metros cúbicos por año (Van der Hammen, 1998). De este volumen, 2.730 Mm^3 se pierden por evapotranspiración y 130 adicionales por evaporación a partir de superficies de agua (30) y riego (100). La descarga del río al final de la sabana (Alicachín) es de 80 Mm^3 y el resto, o sea la suma de 100 Mm^3, se infiltra en el suelo y constituyen la recarga de los acuíferos de la sabana.

El estudio hidrogeológico de la sabana de Bogotá, realizado por INGEOMINAS y la CAR en 1992-93, dividió la región en 9 grandes cuencas hidrogeológicas, así: Chicú, Subachoque, Bojacá-Balsillas, Tibitó-Salto de Tequendama-oriente bogotano, Muña-Soacha-Tunjuelito, Teusacá, Frío-Tibitó-Negro, Sisga-Tibitó-Tominé y Alto Bogotá-Sisga. Para cada cuenca se realizaron estimaciones de recarga, descarga, superávit y déficit, para los acuíferos de los depósitos Cuaternarios, formación Tilatá, grupo Guadalupe (Labor y Tierna, Arenisca Dura) y otros como la formación Guaduas. Los principales resultados de dicho estudio se pueden resumir así:

- Número de puntos de agua inventariados: 4.014 (de ellos 2.717 pozos).
- Descarga total anual: 42,3 Mm^3.
- Recarga total anual: 92 Mm^3 (muy similar a la calculada arriba, de 100 Mm^3).
- Reservas por efecto elástico: 446 Mm^3.
- Reservas seculares: 8.990 Mm^3.

Figura N° 2

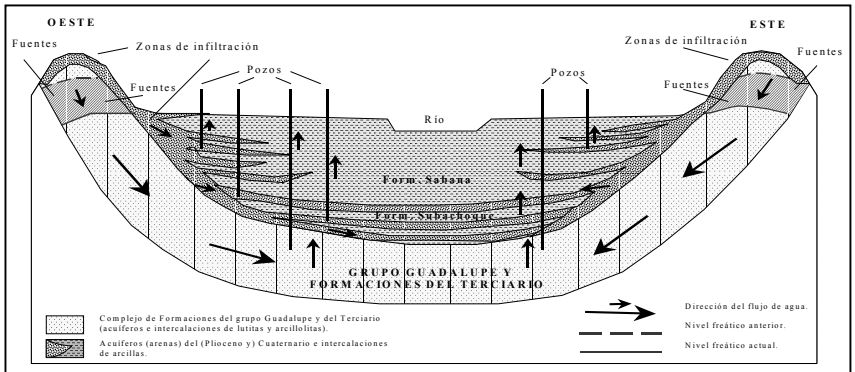

Figura No. 2

CORTE ESQUEMÁTICO OESTE - ESTE POR UNA CUENCA DE LA SABANA DE BOGOTÁ

(Fuente : CAR - Th. Van der Hammen, 1999)

Los resultados mostraron, asimismo, un déficit para los acuíferos del Cuaternario en 5 de las 9 cuencas, para los acuíferos del grupo Guadalupe o parte de él en 4 cuencas y para la formación Tilatá en 2 cuencas. A nivel de toda la sabana, los dos principales acuíferos (Cuaternario y Grupo Guadalupe) no arrojan déficit, aunque los depósitos del Cuaternario están próximos a presentarlo; es posible que ya lo padezcan, si se tiene en cuenta que el estudio en cuestión fue realizado hace cerca de diez años. El acuífero Cuaternario presenta profundidades que varían entre 50 y 200 m., con máxima de 400 m en la zona de Guaymaral. A su vez, las profundidades para el techo del acuífero Guadalupe varían entre 0 y 1.200 metros.

El cuadro No 6 muestra que los depósitos cuaternarios son el acuífero más explotado, especialmente los de la terraza alta, seguidos por los depósitos de la Arenisca Labor y Tierna. La cuenca con mayor número de pozos es la de Tibitó-Salto, seguida de Chicú y Frío-Tibitó-Negro. No obstante, las zonas con más alta densidad de pozos son las próximas a los centros urbanos de Tenjo, Cajicá, Cota y Chía. Recientemente, ha aumentado de manera significativa el número de pozos en las cercanías de Tocancipá y de Sopó, debido a las necesidades de las nuevas industrias allí instaladas.

La mayor recarga potencial por precipitación corresponde al grupo Guadalupe (formaciones Arenisca Labor y Tierna y Arenisca Dura), seguido por el acuífero de la terraza alta. La infiltración es muy baja en la formación Tilatá. Por esta razón se debe dar la mayor prioridad a la conservación de la vegetación nativa en los sectores de los cerros donde afloran las areniscas de Labor y Tierna y, en menor grado, Arenisca Dura. Asimismo, se debe promover usos de la tierra que favorezcan la infiltración en los piedemontes y en los sectores de terraza alta.

Las reservas por efecto elástico y las reservas seculares tienen, aparentemente, gran importancia, Cuadros N° 7, 8 y 9. Se trata de agua acumulada durante los últimos millones de años, y cuya explotación debe considerarse como la de un recurso natural no renovable, con importantes impactos sobre la profundidad de los acuíferos y sobre el sistema general de escorrentía superficial (pérdida de manantiales, de quebradas y de otros recursos, debido al principio de vasos comunicantes bajo el cual funciona). Estos impactos ya se observan en la actualidad, especialmente en las cuencas que presentan déficit en el balance.

Los análisis físico-químicos demuestran que, en general, las aguas subterráneas de la sabana son aptas para riego de cualquier tipo. También son aptas para consumo humano. Aunque tienen alto contenido de hierro disuelto, éste se puede tratar fácilmente.

Cuadro No 6
BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
DE LA SABANA DE BOGOTÁ
(en 10^3 m^3/año)

CUENCA	Balance	Terraza alta y aluviales	Form. Tilatá	Form. Labor y Tierna	Form. Arenisca Dura	Otros	Total
1. Río Chicú	Área Km^2	147,93					
	Pozos	584		12	9	10	615
	Aljibes	35					35
	Manantial			8		4	12
	Total	619		20	9	14	662
	Recarga	2.129		6.736		72	8.937
	Descarga	2.900		2.100		252	5.252
	Balance	-771		+4.636		-180	+3.685
2.Río Subachoque	Área Km^2	400,86					
	Pozos	311	27	20	4		362
	Aljibes	116				60	176
	Manantial		1	5	4	27	37
	Total	427	28	25	8	87	575
	Recarga	4.076	81	2.598		3.308	10.063
	Descarga	2.950	1.120	3.200		1.277	8.547
	Balance	+1.126	-1.139	-602		+2.031	+1.516
3. Ríos Bojacá y Balsillas	Área Km^2	270,41					
	Pozos	79		28	13	30	150
	Aljibes	130				31	161
	Manantial	3		10		13	26
	Total	212		38	13	74	337
	Recarga	2.190		512	589	1.276	4.567

Continua en la siguiente página

	Descarga	1.100		1.062	839	1.201	4.202
	Balance	+1.090		-550	-250	+75	+365
Sector Tibitó -Salto Tequendama -Oriente Bogotá	Área Km^2	776,23					
	Pozos	726	23	38	11	51	849
	Aljibes	193				29	222
	Manantial			9	3		12
	Total	919	23	47	14	80	1.083
	Recarga	23	No	343	676	909	1.951
	Descarga	5.588	2.214	3.222	409	493	11.926
	Balance	-5.565	-2.214	-2.879	+267	+416	-9.975
5. Ríos Muña- Soacha- Tunjuelito	Área Km^2	603,35					
	Pozos	58		13			71
	Aljibes	90		25			115
	Manantial	68		30	37		135
	Total	216		68	37		321
	Recarga	12.184		2.540	1.473	19.349	35.546
	Descarga	1.834		472			2.306
	Balance	+10.350		+2.068	+1.473	+19.349	+33.240
6. Río Teusacá	Área Km^2	362,44					
	Pozos	89		10	1	7	107
	Aljibes	4		1		1	6
	Manantial	1		23	5	4	33
	Total	94		34	6	12	146
	Recarga	104		365	41	323	833
	Descarga	348		468	23	134	973
	Balance	-244		-103	+18	+189	-140
7. Ríos Frío -Tibitó -Negro	Área Km^2	654,73					
	Pozos	324		9	2	42	377
	Aljibes	35			1		36
	Manantial			1	1	32	34
	Total	359		10	4	74	447
	Recarga	702		1.887	2.246	6.759	11.594
	Descarga	1.637		134		287	2.058
	Balance	-935		+1.753	+2.246	+6.472	+9.536
8. Sector Sisga -Tibitó y embalse Tominé	Área Km^2	653,84					
	Pozos	176		2		2	180
	Aljibes	100	1	2	1	14	118
	Manantial	9	1	19	3	18	50
	Total	285	2	23	4	34	348
	Recarga	545	No	4.172	1.785	5.099	11.601
	Descarga	5.292	3	499	48	424	6.266
	Balance	-4.747	-3	+3.673	+1.737	+4.675	+5.335
9. Ríos Alto Bogotá y Sisga	Área Km^2	434,91					
	Pozos					6	6
	Aljibes	7	12	7		4	30
	Manantial	11	22	6	7	13	59
	Total	18	34	13	7	23	95
	Recarga	162	696	1.846	732	2.992	6.428
	Descarga		2	5		2	9
	Balance	+162	+694	+1.841	+732	+2.990	5.419
TOTAL	Área Km^2	4.304,70					
	Pozos	2.347	50	132	40	148	2.717
	Aljibes	710	13	35	2	139	899
	Manantial	92	24	111	60	111	398
	Total	3.149	87	278	102	398	4.014
	Recarga	22.115	777	20.999	7.542	40.087	91.520
	Descarga	21.649	3.339	11.162	1.319	4.070	41.539
	Balance	+466	-2.562	+9.837	+6.223	+36.017	+49.981

Fuente: INGEOMINAS-CAR, 1993. Estudio hidrogeológico cuantitativo de la sabana de Bogotá. Según resumen de E. Robles B. y A. Álvarez O., 1993, IV Simposio Colombiano de Hidrogeología y III conferencia Latinoamericana de Hidrogeología Urbana. Cartagena de Indias, Tomo I.

Cuadro No 7
RESERVAS POR EFECTO ELÁSTICO EN LA SABANA DE BOGOTÁ

CUENCA	ACUÍFEROS TERRAZA ALTA Y ALUVIALES	ACUÍFEROS FORMACIÓN TILATÁ (10^6 M^3)	ACUÍFEROS FORMACIÓN ARENISCA CACHO	ACUÍFEROS GRUPO GUADALUPE	TOTAL
Chicú	8,0			16,9	24,9
Subachoque	53,5	45,9		23,1	122,5
Bojacá-Balsillas	29,2			2,7	31,9
Tibitó-Salto de Tequendama	65,4	57,9		128,9	252,2
Muña-Soacha-Tunjuelito	0,5			13,3	13,8
Teusacá	6,3		1,4	0,2	7,9
Frío-Tibitó-Negro	9,9		2,2	14,0	26,1
Tibitó-Sisga-Tominé	11,9		5,3	0,8	18,0
Alto Bogotá-Sisga	0,8	2,6	0,6	6,2	10,2
TOTAL	185,5	106,4	9,5	206,1	507,5
LPS/año	5.882	3.374	301	6.535	16.092

Fuente: INGEOMINAS-CAR, 1993. Estudio hidrogeológico cuantitativo de la sabana de Bogotá.

Cuadro No 8
RESERVAS SECULARES, PASIVAS O MULTIANUALES EN LA SABANA DE BOGOTÁ

CUENCA	ACUÍFEROS TERRAZA ALTA	ACUÍFEROS FORMACIÓN TILATÁ (10^6 M^3)	ACUÍFEROS FORMACIÓN ARENISCA CACHO	ACUÍFEROS GRUPO GUADALUPE	TOTAL
Chicú	200,5			444,0	644,5
Subachoque	289,5	172,5		725,0	1.187,0
Bojacá-Balsillas	111,3			247,0	358,3
Tibitó-Salto de Tequendama	834,0	500,0		2.412,0	3.746,0
Muña-Soacha-Tunjuelito	70,0			562,5	632,5
Teusacá	89,1		85,5	88,0	262,6
Frío-Tibitó-Negro	182,5		64,1	730,0	976,6
Tibitó-Sisga-Tominé	132,6		126,0	40,0	298,6
Alto Bogotá-Sisga	20,0	400,0	27,0	434,9	881,9
TOTAL	1929,5	1072,5	302,6	5.683,4	8.988,0
LPS/año	61.184	34.009	9.595	180.210	285.007

Fuente: INGEOMINAS-CAR, 1993. Estudio hidrogeológico cuantitativo de la sabana de Bogotá.

Cuadro No 9
RESERVAS TOTALES (ELÁSTICAS+SECULARES) (10^6 M^3)

CUENCA	RESERVAS (10^6 M^3)
Chicú	669,4
Subachoque	1.309,5
Bojacá-Balsillas	390,2
Tibitó-Salto de Tequendama	3.998,2
Muña-Soacha-Tunjuelito	646,3
Teusacá	270,5
Frío-Tibitó-Negro	1.002,7
Tibitó-Sisga-Tominé	316,6
Alto Bogotá-Sisga	892,1
TOTAL	9.495,5

Fuente: INGEOMINAS-CAR, 1993. Estudio hidrogeológico cuantitativo de la sabana de Bogotá.

5. CONCLUSIONES

La estructura ecológica principal de la sabana de Bogotá puede definirse tomando cuatro grandes componentes: estructuras morfopedológica, biótica, hídrica y antrópica. El hombre es considerado como parte fundamental del ecosistema.

LAS TIERRAS

La actual estructura geológica y morfológica está determinada por la evolución paleotectónica del territorio colombiano y, más especificamente, de la cordillera Oriental, en cuyo seno se ubica. Esta evolución tiene sus raíces desde los tiempos precámbricos (hace más de 575 millones de años), cuando todas las tierras del planeta estaban unidas en un inmenso supercontinente denominado Pangea y el actual territorio colombiano formaba parte de ese escudo primitivo de rocas cristalinas, hasta el momento en que la orogénesis o levantamiento general de la cordillera llegó a su posición actual, hace cerca de 3,5 millones de años. Posteriormente, los procesos paleoclimáticos y paleogeomorfológicos dieron origen al relleno fluviolacustre de una antigua fosa que ocupaba lo que hoy es la planicie de la sabana. En la actualidad, las principales unidades morfoestructurales de la sabana resultantes de esta evolución son:

- Una zona plana a suavemente inclinada, constituida, desde el piedemonte hacia el centro de la sabana, por conos aluviales, llanura aluviolacustre (terrazas altas y bajas) y llanura aluvial actual (vegas inundables).

- Una zona montañosa, conformada por diversos tipos de formas, según la naturaleza y la disposición de las rocas, entre las cuales las más inmportantes son: los escarpes y las laderas escarpadas de areniscas duras, los lomeríos paralelos de areniscas friables, las laderas en fajas de lomeríos de plaeners, las depresiones de arcillolitas negras, las lomas redondeadas de arcillolitas de varios colores y los depósitos de vertiente.

Los suelos formados sobre los relieves, tanto de la parte plana como quebrada, tienen como característica en común la influencia de cenizas volcánicas provenientes de las erupciones de los volcanes de le cordillera Central, transportadas por el aire hasta la sabana de Bogotá. Estas cenizas, al descomponerse y mezclarse con el humus de la vegetación, formaron una capa de suelo oscuro de 50 a 150 cm de espesor, de gran fertilidad, conocido como suelo ándico o Andisol. Estos suelos no se formaron en los valles aluviales, a causa de la depositación periódica de arcillas de inundación, ni en las zonas secas de la sabana, a causa de la menor cantidad de humus; en cambio, se formaron suelos diferentes, como entisoles, inceptisoles, alfisoles o planosoles.

Los estudios existentes han permitido clasificar los suelos en 11 asociaciones, 7 de ellas en la zona quebrada y 4 en la zona plana. En la zona quebrada, los suelos de las asociaciones Monserrate y Páramo-Usme-Guasca, con el 28,5% de la superficie de la cuenca, no son aptos para actividades agropecuarias, por tener un relieve abrupto y/o un clima muy frío. Los suelos de las asociaciones Cabrera-Cruz verde, Facatativa-Cabrera, Cogua-Cabrera, Bojacá-Cogua-Techo y complejos coluviales, que en conjunto suman el 37,5% de la cuenca, son aptos para actividades agropecuarias con diversos grados de restricciones por pendiente, pedregosidad, profundidad (clay-pan) y erosionabilidad, estas dos últimas especialmente en la asociación Bojacá-Cogua-Techo (6,4%). En la zona plana, los suelos son todos aptos para actividades agropecuarias intensivas (28,5%), con restricciones por inundaciones periódicas en la asociación río Bogotá-Nemocón, y en la asociación Techo-Gachancipá, por presencia de clay pan a poca profundidad. Los mejores suelos son los de la asociación Tibaitatá-Zipaquirá-Corzo. Cerca de un 9% de la cuenca está ocupada por superficies de agua y zonas urbanizadas (datos del IGAC de 1980).

LA BIOTA

Los cambios paleoclimáticos y, más específicamente, las sucesivas glaciaciones y deglaciaciones que ocurrieron durante los últimos tres y medio millones de años, fueron responsables de sucesivas transformaciones en la vegetación de la altiplanicie, la cual fluctuó desde el páramo abierto en las épocas más frías, hasta el bosque subandino, propio del actual piso cafetero, en las más cálidas. Después de la última glaciación, ocurrida entre hace 75.000 y 10.000 años, el clima experimentó un mejoramiento general (Holoceno o últimos 10.000 años) y luego de un período en que, incluso, llegó a ser ligeramente más cálido que en la actualidad, se estabilizó en su situación actual, hace cerca de 3.000 años (Holoceno Superior), con una vegetación de bosque en la mayor parte de la planicie, excepto en los humedales. En la medida en que el bosque cubría la sabana, también fue desapareciendo la megafauna propia de los espacios abiertos de la época glacial, en especial el mastodonte y el caballo americano. Sólo quedaron las especies que lograron adaptarse al bosque, como el venado, el curí, el conejo, el armadillo y otras menores, que se constituyeron, entonces, en las principales presas de los grupos de cazadores-recolectores que llegaron a la sabana al final de la glaciación.

En consecuencia, al final del Holoceno el bosque andino cubría el altiplano y los cerros que lo bordean, salvo en los sectores de más baja precipitación del occidente y sur de la sabana, donde se desarrolló un tipo de vegetación xerofítica, y por encima de 3.300-3.500 msnm, donde empieza el páramo. En los bordes de los humedales se desarrolló, asimismo, un tipo de vegetación de pantano, a base de juncos, de cortaderas y de alisos, entre otras especies. No obstante, el bosque andino presenta cambios en su composición y en su estructura entre la planicie y los cerros, así como a diferentes altitudes. En efecto, es posible identificar por lo menos tres tipos de bosque andino bajo y un tipo de bosque altoandino.

En la planicie existía un bosque de tendencia seca, posiblemente dominado por palo blanco y raque, y que fue talado en su casi totalidad. En los cerros interiores secos dominaba un bosque caracterizado por corono y espino, mientras que en las laderas interiores de los cerros exteriores, más húmedos, el bosque estaba dominado por mano de oso y gomo; estos dos tipos de bosque han sufrido una degradación intensa y los restos que se observan en la actualidad corresponden a bosque secundario. A partir de los 2.750-2.800 metros de altitud y hasta cerca de los 3.300-3.500 m. se desarrolla el bosque altoandino, de menor altura y estratificación que el andino bajo, cuya especie más característica, en la región, es el encenillo. Desde los 3.300-3.500 hacia arriba aparece la vegetación de páramo, si bien es posible observar una franja de transición con el bosque en su límite inferior, conocida como subpáramo (entre 3.300 y 3.600 m), donde se entremezclan bosques bajos de colorao y tíbar, matorrales de cachovenao, romero, amarguero negro y sanalotodo, y vegetación de páramo como frailejones, paja de ratón y/o chusque. El páramo es una formación herbácea abierta que aparece por encima de los 3.550-3.600 m, dominada por pajonales de paja de ratón (Calamagrostis), acompañada por otras especies de gramíneas y ciperáceas y la presencia del característico frailejón. En los páramos húmedos la paja de ratón es reemplazada por especies de chusque.

Además de la vegetación zonal se han distinguido dos tipos de matorrales xerofíticos, uno dominado por tuna y hayuelo, en el suroeste de la sabana, y otro caracterizado por espino y condalia, en la zona del Checua; también, se ha identificado un bosque de zonas inundables, caracterizado por aliso, y la vegetación típica de los humedales, como juncos y eneas, en las riberas, y diversos tipos de vegetación flotante y sumergida, en relación con la calidad del agua.

EL AGUA

En relación con el agua, la precipitación total que cae sobre la Cuenca Alta del río Bogotá se estima en 3.040 millones de metros cúbicos por año. De este volumen, 2.730 Mm^3 se pierden por evapotranspiración y 130 adicionales por evaporación a partir de superficies de agua. La descarga del

río al final de la sabana (Alicachín) es de 80 Mm^3 y el resto, o sea la suma de 100 Mm^3, se infiltran en el suelo y constituyen la recarga de los acuíferos de la sabana.

La escorrentía de la cuenca está organizada por 15 cuencas hidrográficas, cuyos emisarios finales desaguan en el río Bogotá. De las 15 cuencas que conforman el sistema, la más importante, por su tamaño, es la del río Balsillas, la cual drena toda la parte occidental y representa el 15,5% de la superficie total de la cuenca alta del río Bogotá, siendo sus subcuencas principales las de los ríos Subachoque, Bojacá y Balsillas bajo. Le siguen en importancia la cuenca de Tibitó, con sus principales subcuencas del embalse del Neusa, río Checua, río Neusa (aguas abajo embalse) y ríos Susagua-Barandilla; la del embalse de Tominé (9,6%); la del río Tunjuelito (9,6%); la del río Teusacá (8,4%); y la del Alto Bogotá (Villapinzón) (6,5%). Las zonas de Tibitó-Salto (14,6%), Sisga-Tibitó (5,6%) y oriente bogotano (3,4%) abarcan una serie de pequeñas cuencas localizadas a lo largo del curso principal del río Bogotá. De especial importancia para la capital, por atravesar su casco urbano, son estas últimas y la cuenca del río Tunjuelito.

Forman parte del sistema no menos de 27 humedales naturales, entre lagunas, chucuas y pantanos, y 9 embalses de regulación con una capacidad total de 1.226 MM^3, construidos para el sistema de acueducto y generación eléctrica de la región. Dado que los caudales existentes dentro de la cuenca no fueron suficientes para atender las necesidades de la población bogotana, hubo necesidad de recurrir a la desviación de las cabeceras de los ríos Negro y Guatiquía (páramo de Chingaza), y a un uso cada vez más intensivo de las aguas subterráneas.

No obstante, la explotación de las aguas subterráneas ha sobrepasado en gran parte de la cuenca la capacidad natural de recarga de los acuíferos. Tal es el caso de los acuíferos del Cuaternario, los más intensivamente explotados, los cuales presentan déficit (recarga vs. descarga) en 5 de las 9 cuencas hidrogeológicas de la sabana, seguidos por los acuíferos del grupo Guadalupe, con déficit en 4 cuencas, y por los de la formación Tilatá, con déficit en 2 cuencas. Esta sobreexplotación ha producido un descenso en los niveles de los acuíferos, junto con la desaparición de numerosas quebradas y de la mayor parte de los manantiales y fuentes primarias de agua de la cuenca. Las reservas elásticas y seculares, aparentemente abundantes, no se pueden explotar como se quisiera, sin generar impactos muy graves en el sistema de aguas superficiales, por desaparición de quebradas y de manantiales y por reducción de caudales en los ríos.

ACCIONES FUTURAS

La destrucción de la cobertura vegetal original de la cuenca, en especial en los cerros, el mal uso del suelo, la erosión, la sobreutilización de los recursos hídricos y la contaminación han producido una degradación intensa y creciente del sistema de aguas superficiales y subterráneas de la cuenca alta del río Bogotá. Para recuperar la estructura ecológica principal es necesario adelantar acciones urgentes en por lo menos los siguientes campos:

- Recuperación de la cobertura vegetal natural en la totalidad de los cerros que bordean a la sabana, en especial en los sectores con suelos de las asociaciones Monserrate y Páramo-Usme-Guasca y, en general, por encima de los 3.300 msnm (límite del páramo).

- No permitir la invasión de los valles aluviales con construcción de vivienda, para evitar pérdidas materiales y humanas y para garantizar los procesos hidrológicos naturales (inundaciones, alimentación de acuíferos y otros), y fomentar en ellos la revegetalización con especies nativas.

- Crear cinturones de conexión vegetal entre los cerros y los valles aluviales, preferiblemente a lo largo de los vallecitos de las quebradas, con el fin de recuperar y/o mejorar las condiciones de biodiversidad.

- Adelantar acciones de recuperación de suelos en las zonas erosionadas, en especial al suroeste (Soacha-Mosquera-Bojacá) y norte (Checua) de la cuenca.

- Recuperar el sistema natural de humedales, mediante el control de vertimientos de aguas negras, el control de invasiones y la realización de obras de rehabilitación de sus riberas.

- Controlar los vertimientos y tratar las aguas residuales de las ciudades y municipios de la cuenca, con el fin de recuperar la calidad de las aguas de los ríos y quebradas y crear las condiciones para el desarrollo de la fauna acuática nativa.

- Controlar la explotación de las aguas subterráneas, con el fin de reducir el déficit recarga-descarga que actualmente se presenta en varias subcuencas hidrogeológicas. Por lo pronto, es necesario no dar más permisos de perforación de pozos en las cuencas que ya presentan déficit. Determinar, mediante modelos, las posibilidades de explotar las reservas elásticas y seculares de agua subterránea, para evitar impactos indeseables sobre el sistema de escorrentía superficial.

- Realizar un planeamiento regional del uso de los recursos hidráulicos, con el fin de evitar que un solo uso consuma la totalidad del agua disponible y asegurar un desarrollo agropecuario sostenido de la sabana.