

CAPITULO 4 INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS

4.1 Análisis de uso de suelos con imágenes satelitales

El Equipo de Estudio de JICA utilizó imágenes satelitales para analizar el uso actual de los suelos. Las imágenes satelitales pueden detectar características del suelo con los sensores multi-espectro del satélite. La base de datos producida con las imágenes del satélite, consta de mapas de color compuestos, mapas de la cobertura de los suelos y un mapa preparatorio para topografía y geología. Especialmente, la obtención de la distribución de humedales se tuvo en cuenta con el uso de datos de imágenes satelitales, ya que existen recursos naturales con valiosos ecosistemas en el área de estudio.

(1) Adquisición de datos satelitales y recolección de información relacionada

Para adquirir las últimas imágenes satelitales, con el propósito de monitorear la cobertura del suelo en el área de estudio, imágenes disponibles del EOS Data Center (USA) fueron buscadas a través de Internet. Datos del Landsat 7 fueron buscados, junto con datos Landsat 3 y 5. La información del sensor Landsat 7 fue la más buscada, debido a su exactitud. El satélite Landsat 7 fue lanzado en Abril de 1999 y contiene el sensor de amplificación para mapeo temático Thematic Mapper Plus (ETM+) como se muestra en la Tabla-4.1.

Tabla-4.1 Ancho de la banda espectral del Landsat 7

TM Y ETM+ ANCHO DE LA BANDA ESPECTRAL								
ANCHO DE LA BANDA (μ) ANCHO TOTAL – MITAD MAXIMO								
Sensor	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 6	Banda 7	Banda 8
TM	0.45 - 0.52	0.52 - 0.60	0.63 - 0.69	0.76 - 0.90	1.55 - 1.75	10.4 - 12.5	2.08 - 2.35	N/A
ETM+	0.45 - 0.52	0.53 - 0.61	0.63 - 0.69	0.78 - 0.90	1.55 - 1.75	10.4 - 12.5	2.09 - 2.35	.52 - .90

De la búsqueda, dos escenas del Landsat 7, las cuales son imágenes de fácil lectura, fueron encontradas para cubrir el área de estudio, las imágenes seleccionadas aparecen en la tabla 4-2.

Tabla 4.2 Lista de datos satelitales adquiridos

Ruta - Fila:	ID DE ESCENA:	Fecha de adquisición de datos:
8 – 56	No. 2000724634	4 de febrero de 2000
8 – 57	No. 2000431753	16 de noviembre de 1999

(2) Lista de software y método de análisis

Para el procesamiento de las imágenes y clasificación del suelo, el software comercial ERDAS fue utilizado. Se adoptó un método supervisado de clasificación para la selección del mapa de cobertura de suelo. A pesar de la cantidad de objetos que fueron mapeados, se utilizó el GPS para obtener con exactitud la posición de la imagen clasificada para los muestreos de campo. Para este análisis, el software comercial IRWIS también fue utilizado.

(3) Análisis de imágenes y recolección del presente mapa de cobertura del suelo

Con el procesamiento de mosaico de los datos de dos imágenes de satélite, se produjeron imágenes a color compuesto para toda el área de estudio y el área urbana de Bogotá D.C., como muestra en la Figura-4.1 y Figura-4.2 respectivamente. El mapa de uso de suelos aparece en la Figura-4.3, a través de imágenes obtenidas mediante el método previamente mencionado. La clasificación de uso de suelos por cuenca de río se muestra en la Figura-4.3; y los resultados de este análisis han sido compilados de la siguiente manera:

- Areas forestales incluidas las naturales y las plantadas están distribuidas principalmente alrededor de la Sabana de Bogotá a mas de 3000 metros de altura.

- Las áreas de bosques en la parte norte de la Sabana de Bogotá aún permanece en comparación con otras áreas de la Sabana.
- Las áreas de cultivos y pástales están distribuidos principalmente en áreas pantanosas y las áreas de inundación ubicadas a lo largo del río Bogotá y sus afluentes en la Sabana de Bogotá y su elevación oscila entre los 2400 a 2900 metros.
- Las áreas cultivadas están ampliamente distribuidas a lo largo de los ríos en pendientes suaves.
- Los pastizales, incluyendo los de propósito de ganadería bovina tienden a incrementarse proporcionalmente con la elevación y zonas con relieves topográficos agudos.
- Las áreas desnudas están distribuidas en el norte, nororiente, y sur oriente del área de estudio donde se presenta erosión y deslizamiento de terrenos por rocas erosionadas.
- Hay presencia de presas y lagunas como fuentes de agua al nor occidente y sur occidente de la Ciudad de Bogotá.
- Los invernaderos donde se cultivan flores están distribuidas en puntos de cultivos a lo largo del Río Bogotá y sus afluentes en la Sabana de Bogotá.

Tabla-4.3 Areas de uso de suelo en el área de estudio

Clasific. 1	Clasificación 2	Area (ha)	(%)	Clasif. 1	Clasificación 2	Area (ha)	(%)
Bosques	Bosque natural	18,115	4.2	Tierras cultivadas	Cultivos temporales	3,947	0.9
	Area Forestal	1,725	0.4		Pastos/cultivos mixtos	55,184	13.0
	<Total >	19,840	4.6		Pastos/cultivos/arbustos mixtos	112,655	26.4
			<Total >		171,786	40.2	
Pastos	Hierbas o arbusto/matas	64,406	15.1	Areas desalojadas	Areas desalojadas	24,554	5.8
	Pasto largo	41,574	9.7		Minas/ canteras de piedras	35	0.0
	Pasto	13,699	3.2		<Total >	24,589	5.8
	Vegetacion acuática	648	0.2	Agua	lagos/pantanos/ríos	3,960	0.9
	Vegetación moro	30,316	7.1	Residencial	Urbana o densamente poblada	30,010	7.0
	Pastos/pastos altos y áreas desalojadas	18,802	4.4	Invernaderos	Floricultura	7,147	1.7
	<Total >	169,445	39.7				
Total areas del area de estudio: 425,544 ha							

Tabla-4.4 Areas de uso de suelo por cuencas hidrográficas

Cuenca hidráulica	Clasificación	Bosque	Cultivado	Pasto	Desnuda	Acuático	Urbano	Invernaderos	< Total >
Cuenca del río Bogotá (1)	Area (ha)	0,00	0,52	1,07	0,12	0,00	0,02	0,05	1,78
	Tasa (%)	0,00	29,14	60,00	6,86	0,00	1,14	2,86	100,00
Cuenca del río Soacha	Area (ha)	1,07	54,60	60,37	6,96	0,00	5,91	0,31	129,22
	Tasa (%)	0,82	42,25	46,72	5,38	0,00	4,58	0,24	100,00
Cuenca del río Bogotá (2)	Area (ha)	0,29	24,72	30,21	29,91	0,00	26,30	1,52	112,95
	Tasa (%)	0,26	21,88	26,74	26,48	0,00	23,28	1,35	100,00
Cuenca del río Subachoque (1)	Area (ha)	0,00	14,95	5,62	10,11	0,00	0,30	0,49	31,47
	Tasa (%)	0,00	47,50	17,85	32,13	0,00	0,97	1,55	100,00
Cuenca del río Bojaca	Area (ha)	1,44	92,10	75,18	38,89	0,07	1,72	9,14	218,55
	Tasa (%)	0,66	42,14	34,40	17,79	0,03	0,79	4,18	100,00
Cuenca del río Subachoque (2)	Area (ha)	7,62	105,84	189,10	29,01	1,22	74,50	0,98	408,27
	Tasa (%)	1,87	25,92	46,32	7,11	0,30	18,25	0,24	100,00
Cuenca del río Tunjuelito	Area (ha)	2,97	243,24	99,69	28,55	0,16	0,68	13,24	388,54
	Tasa (%)	0,76	62,61	25,66	7,35	0,04	0,17	3,41	100,00
Cuenca del río Bogotá (3)	Area (ha)	23,25	182,49	106,61	40,28	0,22	176,04	9,93	538,81
	Tasa (%)	4,31	33,87	19,79	7,48	0,04	32,67	1,84	100,00
Cuenca del río Chicú	Area (ha)	2,05	83,00	43,16	3,21	0,00	0,06	3,41	134,88
	Tasa (%)	1,52	61,54	32,00	2,38	0,00	0,05	2,53	100,00
Cuenca del río Bogotá (4)	Area (ha)	1,30	38,71	17,09	1,61	0,00	0,08	4,42	63,21
	Tasa (%)	2,05	61,23	27,04	2,55	0,00	0,13	7,00	100,00
Cuenca del río Neusa	Area (ha)	6,70	107,47	75,51	2,79	0,00	0,28	3,97	196,72
	Tasa (%)	3,41	54,63	38,38	1,42	0,00	0,14	2,02	100,00
Cuenca del río Bogotá (5)	Area (ha)	5,42	51,64	41,45	2,91	0,00	0,13	4,25	105,79
	Tasa (%)	5,12	48,81	39,18	2,75	0,00	0,12	4,02	100,00
Cuenca del río Teusaca	Area (ha)	9,54	140,46	192,20	5,89	2,41	0,62	3,08	354,22
	Tasa (%)	2,69	39,65	54,26	1,66	0,68	0,17	0,87	100,00
Cuenca del río Bogotá (6)	Area (ha)	5,03	36,27	17,43	1,35	0,21	4,49	2,25	67,04
	Tasa (%)	7,50	54,11	25,99	2,01	0,32	6,70	3,36	100,00
Cuenca del río Neusa	Area (ha)	46,21	180,68	172,21	22,19	8,71	4,33	0,86	435,20
	Tasa (%)	10,62	41,52	39,57	5,10	2,00	1,00	0,20	100,00
Cuenca del río Bogotá (7)	Area (ha)	7,27	82,57	70,74	6,72	0,04	1,33	7,48	176,15
	Tasa (%)	4,13	46,87	40,16	3,82	0,02	0,75	4,24	100,00
Cuenca del río Tomine	Area (ha)	10,64	143,56	183,56	10,03	22,44	0,07	1,93	372,23
	Tasa (%)	2,86	38,57	49,31	2,70	6,03	0,02	0,52	100,00
Cuenca del río Bogotá (8)	Area (ha)	5,41	32,83	59,10	4,79	0,00	1,64	0,32	104,10
	Tasa (%)	5,19	31,54	56,78	4,60	0,00	1,58	0,31	100,00
Cuenca del río Sisga	Area (ha)	18,79	64,02	65,69	0,64	4,43	0,46	0,11	154,14
	Tasa (%)	12,19	41,54	42,62	0,41	2,88	0,30	0,07	100,00
Cuenca del río Bogotá (9)	Area (ha)	25,46	83,23	160,10	1,81	0,00	4,77	0,06	275,42
	Tasa (%)	9,24	30,22	58,13	0,66	0,00	1,73	0,02	100,00
Total del área de estudio	Area (ha)	180,46	1762,90	1666,07	247,78	39,92	303,75	67,81	4268,69
	Tasa (%)	4,23	41,30	39,03	5,80	0,94	7,12	1,59	100,00

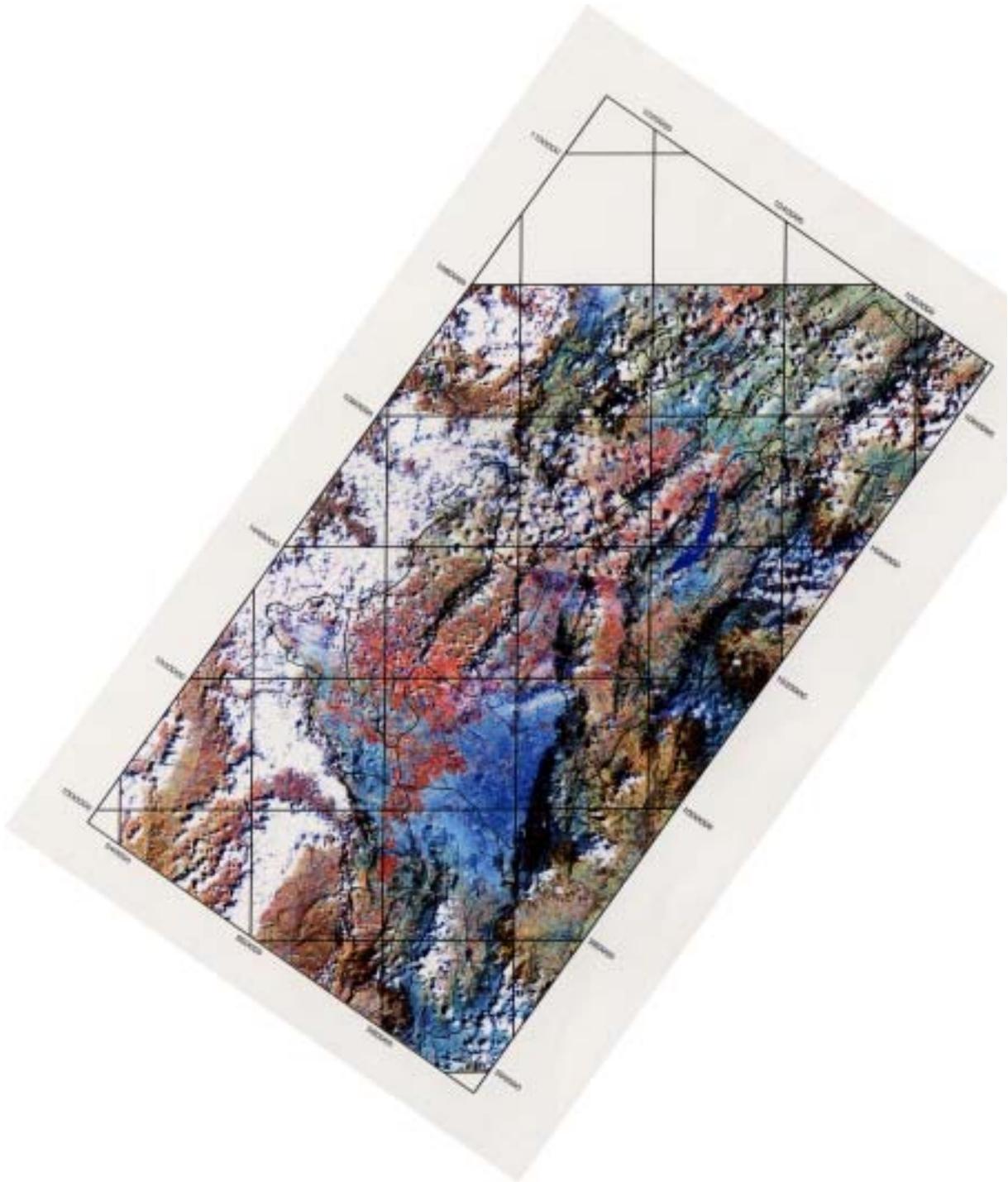


Figura-4.1 Imagen compuesta Landsat 7 a color de toda el área de estudio

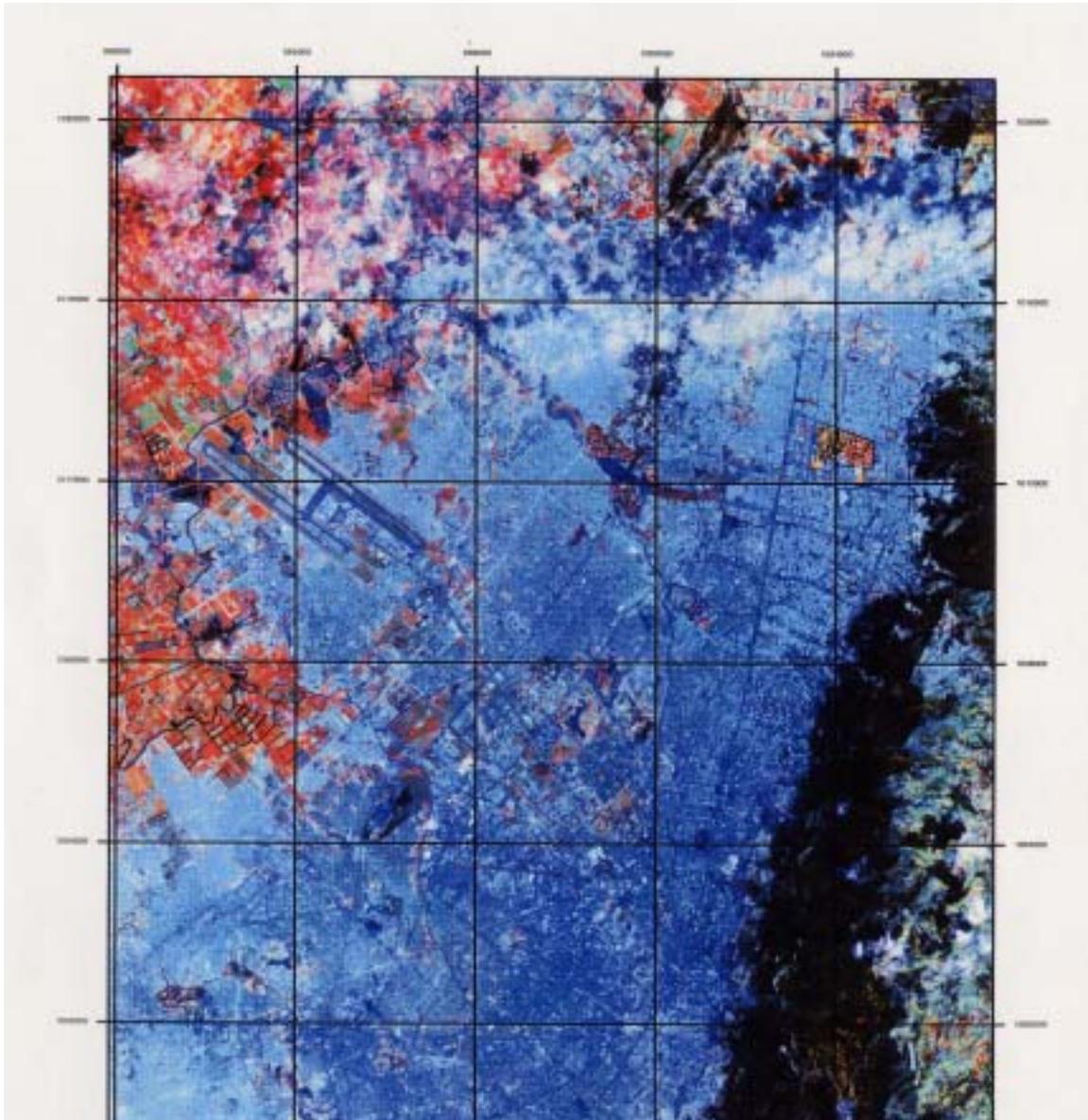


Figura-4.2 Imagen compuesta Landsat-7 a color del área urbana de Bogotá D.C.

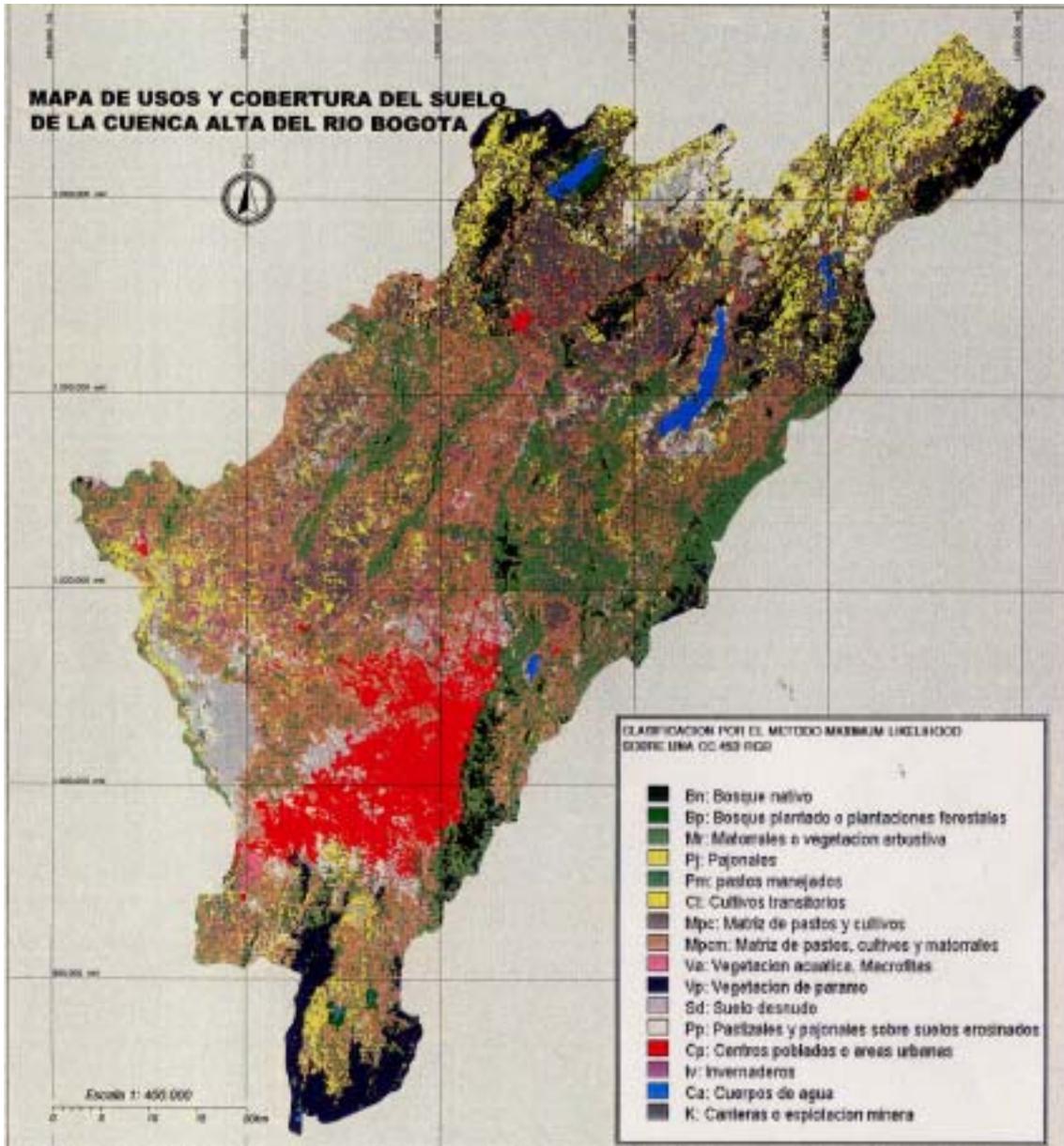


Figura-4.3 Mapa de uso de suelo del área de estudio

4.2 Estudio de campo del medio ambiente

4.2.1. Ambiente del agua del río Bogotá

El ambiente hídrico en la Sabana Bogotá está compuesto por dos importantes fuentes de agua, que son el río Bogotá y el agua subterránea profunda. Existen también numerosos humedales y corrientes de agua en las montañas como sub-componentes.

La siguiente figura muestra la estructura completa del medio ambiente del agua en la Sabana de Bogotá.

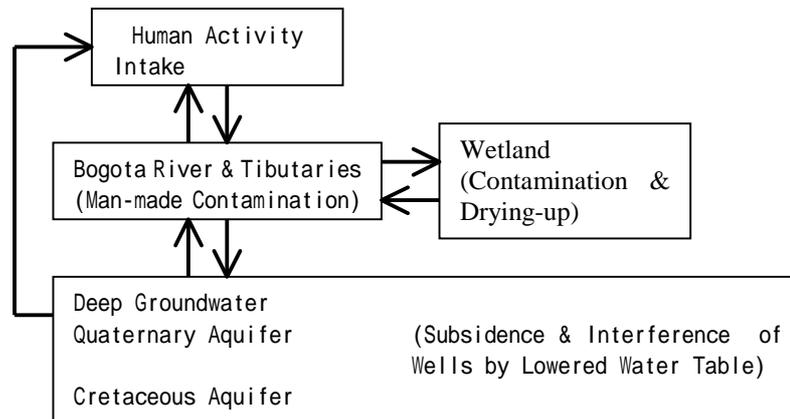


Figure 4.4 Estructura del ambiente del agua en la Sabana de Bogotá

(1) Uso del río Bogotá

El río Bogotá se origina en la parte occidental de Villapinzón, departamento de Cundinamarca (a 3.300 metros sobre el nivel del mar). El río recorre 130 kilómetros desde el nororiente al suroccidente, a través de la parte plana de la Sabana de Bogotá (gradiente de curso del río: 1/1.000) y llega al Salto de Tequendama (más exactamente, a la central eléctrica de EMGESA, que genera 1.000 MW), la parte más baja del río abajo en la Sabana. Por último, el cuerpo de agua desemboca en el río Magdalena, después de atravesar 80 kilómetros por fuera del Área de Estudio. El río Bogotá está compuesto por varios tributarios, como el río Sisga, Tominé, Neusa, Teusacá, Frío, Chicú, Subchoque, Tunjuelito y Muña (en su orden, partiendo de arriba del río). Además, hay dos corrientes urbanas llamadas el río Salitre y el río Fucha, en la ciudad de Bogotá.

Cada uno de los cuatro tributarios en la parte alta del río, tienen grandes reservorios de agua tipo presa, como la represa del Sisga (de la CAR, con 102 millones de m³ cuyas aguas se utilizan para suministro de agua e irrigación), la represa de Tominé (de la EEBB, 690 millones de m³ para generación y control de crecientes y suministro de agua), Neusa (CAR 100 millones de m³ para irrigación y suministro) y la represa de San Rafael (de la EAAB, 750 millones de m³, para suministro de agua).

La escorrentía promedio del río es de 36.69 m³/segundo, de acuerdo con los resultados del análisis del balance hídrico (basado en la observación de la escorrentía y los datos sobre el uso del agua entre 1973 y 1999). Unos caudales de 11,10 m³/segundo y 5,10 m³/segundo del río, son tomados del río para irrigación, incluyendo uso industrial y suministro de agua, respectivamente. Una instalación representativa es la planta de tratamiento de Tibitoc, ubicada en la parte alta de la desembocadura del río Teusacá, y la planta toma las aguas donde se une con el río Bogotá. El volumen de aguas negras (alcantarillado) que es descargado en el río se estima en 10,24 m³/segundo, en el que están incluidos 6,16 m³/segundo de aguas negras provenientes de sitios fuera del área (principalmente introducidas desde la presa de Chingaza). Aunque los

detalles no son claros, se que asume una gran cantidad de aguas de alcantarillados agrícolas fluye hacia los ríos. Este es el balance de masa de agua promedio de los últimos 27 años. De acuerdo con los datos más recientes, se estima que el volumen de agua tomado de los ríos y el volumen de aguas negras (la gran mayoría sin tratar), logran volúmenes de 7 y 12 m³/segundo respectivamente. Esto indica que el 40% del volumen del caudal del río (aproximadamente 31 m³/segundo), son aguas negras provenientes de áreas urbanas, al borde de la parte baja del río.

Lo anterior confirma que el río Bogotá tiene un papel importante no solo lo relacionado con el curso del drenaje de agua estancada y de los recursos hídricos para irrigación, industria y usos domésticos urbanos, sino también es la vía de salida de las aguas negras de los alcantarillados. En respuesta a esto surgen las plantas de tratamiento de aguas localizadas en la parte alta del curso del río Bogotá (Planta de tratamiento de Tibitoc), y sus tributarios (Planta de tratamiento de Vitelma en el río San Cristóbal, planta de tratamiento de San Diego en el río san Francisco y Planta de tratamiento de la Laguna El Dorado, en el río Tunjuelito).

(2) Calidad del agua del río Bogotá

Es apropiado enfocarse en varios aspectos, como los siguientes cuando se trata de la calidad del agua del río Bogotá, en términos de su uso actual.

- i) ¿Es segura como fuente de agua para suministro?
- ii) ¿Tiene el río una buena calidad de aguas, aunque pase a través de áreas urbanas?
- iii) ¿Influencia la contaminación del río la contaminación de las aguas subterráneas?

Para examinar estas preguntas, el agua del río y el sedimento del fondo se analizaron en 26 y 12 sitios, respectivamente, la contaminación en el río y el lecho de río fue cuantificada y examinada. Los resultados pueden verse en el informe de apoyo. A continuación, presentamos el resumen de los resultados:

Existen 160 pequeñas plantas procesadoras de cuero en el área de Villapinzón, que son la principal causa de contaminación de la parte alta del río Bogotá, arriba de la planta de tratamiento de Tibitoc. Las aguas negras contienen desechos orgánicos, cromo, compuestos sulfúricos, taninos, etc. Se detectaron cobre y cromo en los sedimentos del lecho del río, en esta sección del mismo. No hay señales de contaminación agrícola, y el río cumple con las normas de calidad para ser potabilizada. Mas aún, no hay sustancias que excedan los valores de norma en los resultados de 9 meses de pruebas de calidad de su torrente. Aunque el hierro y el manganeso excedieron los valores de norma, sus valores son, menores que las concentraciones de estos metales en las aguas subterráneas.

Cuando el río Bogotá llega a la ciudad de Bogotá, confluyen en él ríos urbanos como el Salitre, Fucha y Tunjuelito, que contienen una gran cantidad de aguas de desechos domésticos e industriales. En el agua del río comienza entonces a reducirse el oxígeno disuelto, mostrando condiciones anóxicas. Aunque va a empezar a operar una planta de tratamiento de aguas negras en el río Salitre, los otros ríos no cuentan aún con una planta de esas para el tratamiento de aguas negras. El volumen de los mayores contaminantes está descrito de las Figura 4.5 y Figura 4.6.

No hay evidencia de que el agua contaminada superficial deteriore el agua subterránea. Se ha generado la hipótesis de que los materiales como sedimentos y coloides contenidos en al flujo de aguas del río se ha acumulado en el lecho del mismo, debido al pequeño ángulo de inclinación del lecho y al lento flujo de las aguas. Esto puede haber creado una capa impermeable en el lecho del río.

Como características de las aguas subterráneas de la Sabana de Bogotá, tenemos una alta

concentración de sulfuro de hidrógeno y nitrato de amonio, observados en un amplia área. Este es un caso muy raro en aguas subterráneas profundas. Se sospecha que estas sustancias se originen en las actividades que se realizan en la superficie del terreno, como fertilización, descarga de aguas residuales domésticas, acción del ganado, aguas de desecho industriales, etc. Sin embargo, la cantidad acumulada de amoniaco y sulfuro de hidrógeno en las aguas subterráneas, es mucho más alto que el resultante de las actividades humanas en la superficie. Por lo tanto, se entiende que estas sustancias, son producidas por las condiciones geológicas naturales prevalecientes en el área. Se cree que el sulfuro de hidrógeno proviene de la piritita y de las cenizas volcánicas, que se encuentran abundantemente en la capa terciaria. Por otra parte, se considera que el amoniaco se origina en materiales orgánicos que se han acumulado en el proceso de formación de la Sabana de Bogotá; por ejemplo, a partir de los sedimentos de los lagos. Para probar que el sulfuro de hidrógeno y el amonio no se originan por las actividades de la superficie, el informe de apoyo muestra: i) el volumen de sustancias generadas en la superficie, ii) la cantidad de sustancias que penetran en el suelo y iii) los años de acumulación de la misma cantidad de las sustancias, basándose en la cantidad almacenada.

(2) Humedales

Solían haber más de 50.000 hectáreas de humedales en la Sabana de Bogotá, sin embargo, hoy día, solamente quedan 700 u 800 hectáreas en las partes oriental y occidental de la Sabana, respectivamente. Los humedales se sostenían para el control de inundaciones. El área de humedales se ha reducido en los años recientes debido a la construcción de represas para el control de inundaciones, y porque la masa de agua del río ha disminuido, debido al incremento del volumen de toma de agua para irrigación y para acueductos. Estos humedales no han sido registrados en el Tratado de Ramsal. La localización de los humedales puede verse en la Figura 4.7 .

Se ha confirmado que 53 especies de aves y vertebrados viven actualmente en los humedales. Hay 12 humedales, entre ellos el de La Conejera, Córdoba, Juan Amarillo y el de Jaboque, en la ciudad de Bogotá. No obstante, la calidad de sus aguas se ha deteriorado drásticamente, debido al desarrollo de áreas urbanas, al influjo de aguas provenientes de alcantarillados, a la descarga ilegal de desperdicios y a la eutricación causada por materias orgánicas. Los efectos, pues, sobre estos ecosistemas han sido muy perturbadores.

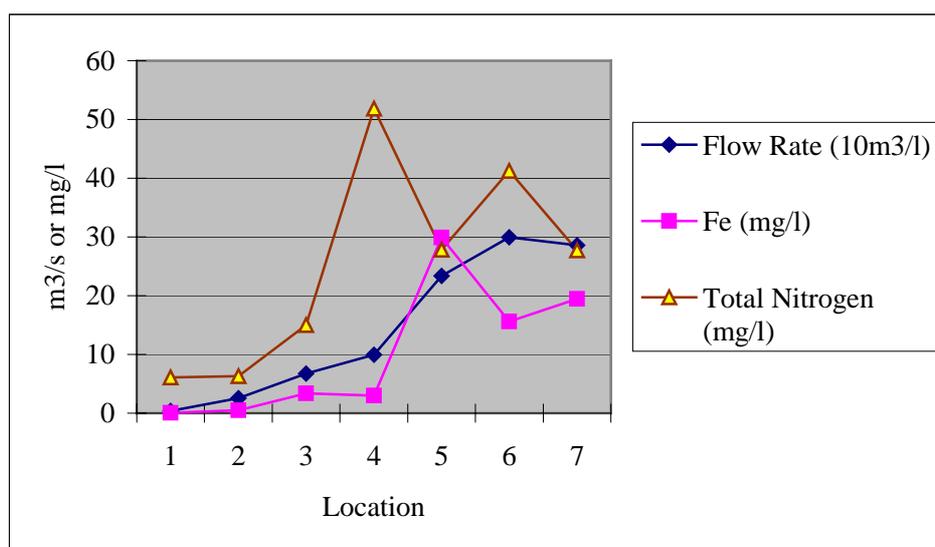


Figura 4.5 Tasa de Flujo de N Total y Fe en el río Bogotá

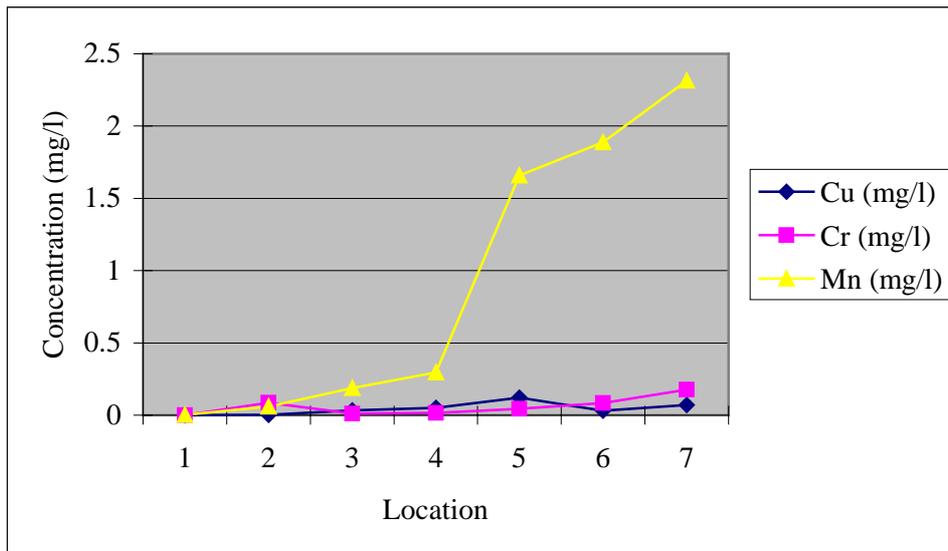


Figura 4.6 Cu, Cr, Mn, Fe en el río Bogotá

La EAAB, el Dama y la CAR, están involucradas en proyectos de manejo y mejoramiento de los humedales, de acuerdo con un plan de manejo ambiental, basado en el acuerdo de la Conferencia de Ramsar y en las guías del DAMA y la CAR. Se espera que se produzcan un plan de medidas, para una positiva conservación de los humedales.

(3) Mejoramiento del medio ambiente de las aguas

El deterioro de la calidad de las aguas del río Bogotá se origina en el bajo volumen de tratamiento de aguas residuales tanto domésticas como industriales. El tratamiento de las aguas industriales debe ser fortalecido, por parte de las autoridades administrativas. La tasa de tratamiento de aguas residuales es baja en la ciudad de Bogotá. Tres plantas de tratamiento de aguas residuales han sido planificadas, mientras existe solamente una planta de tratamiento, Salitre, totalmente construida.

Por otra parte, una de las causas que contribuye al deterioro de la calidad del agua es el descenso del nivel freático del río. Debería considerarse el mejoramiento de la calidad del agua, para incrementar permanentemente el volumen de agua del río Bogotá. Por ejemplo, la reducción de la toma de agua del río en la planta de tratamiento de Tibitoc (alternativamente se podría a utilizar las aguas subterráneas para suministro de agua) y la introducción de agua adicional, para mejorar su calidad por dilución de otras cuencas, vía Sistema de Chingaza, es un plan promisorio.

4.2.2 Agua subterránea y subsidencia

(1) Uso del agua subterránea

Hay aproximadamente 7.000 pozos profundos en la Sabana de Bogotá y la tasa de utilización del agua subterránea es de 3,7 m³/segundo. Una porción grande de ella es utilizada en irrigación agrícola y en la industria, aunque el agua subterránea también se utiliza para suministro urbano en algunas ciudades (aproximadamente 0.2 m³/segundo en Funza y Facatativá). De acuerdo con el inventario de pozos de este estudio, el acuífero principal de los pozos profundos, pertenece a la capa cuaternaria. Soporta el 93% de todos los pozos profundos y el 78% del volumen total de agua extraída. La capa del Cretáceo también es un acuífero prometedor, pero esta capa no ha sido totalmente utilizada (5% del número total de pozos y 20% del volumen total de agua

extraída).

El agua subterránea es utilizada intensivamente en las siguientes cuencas: Bogotá (baja), Bogotá (media), Bojacá, Subachoque, Chicú y Frío. De ellos, la mas altamente explotada es la cuenca del río Chicú.

(2) Bombeo excesivo de agua subterránea y subsidencia de terreno

La subsidencia se ha descrito frecuentemente en relación con la extracción excesiva de agua subterránea en la Sabana de Bogotá. Sin embargo, los ejemplos de subsidencia en la Sabana son: i) rajaduras en forma de olas en las carreteras de concreto y pavimento; ii) ranuras en las paredes y pisos de las casas y edificios, debidas posiblemente a asentamientos diferenciales y iii) subsidencia local cerca de árboles de Eucalyptus en parques y otras áreas urbanas. Estos fenómenos no tienen ninguna relación con bombeos excesivos de agua subterránea, ni con la subsidencia consolidada, que ocurre a grandes profundidades, y que no se ha observado. Es poco probable que la subsidencia que obedece a extracción de agua subterránea pueda ocurrir, ya que el balance hídrico en la Sabana de Bogotá, es bastante estable. No obstante, es necesario observar la subsidencia de terrenos en áreas donde se utiliza intensivamente el agua subterránea.

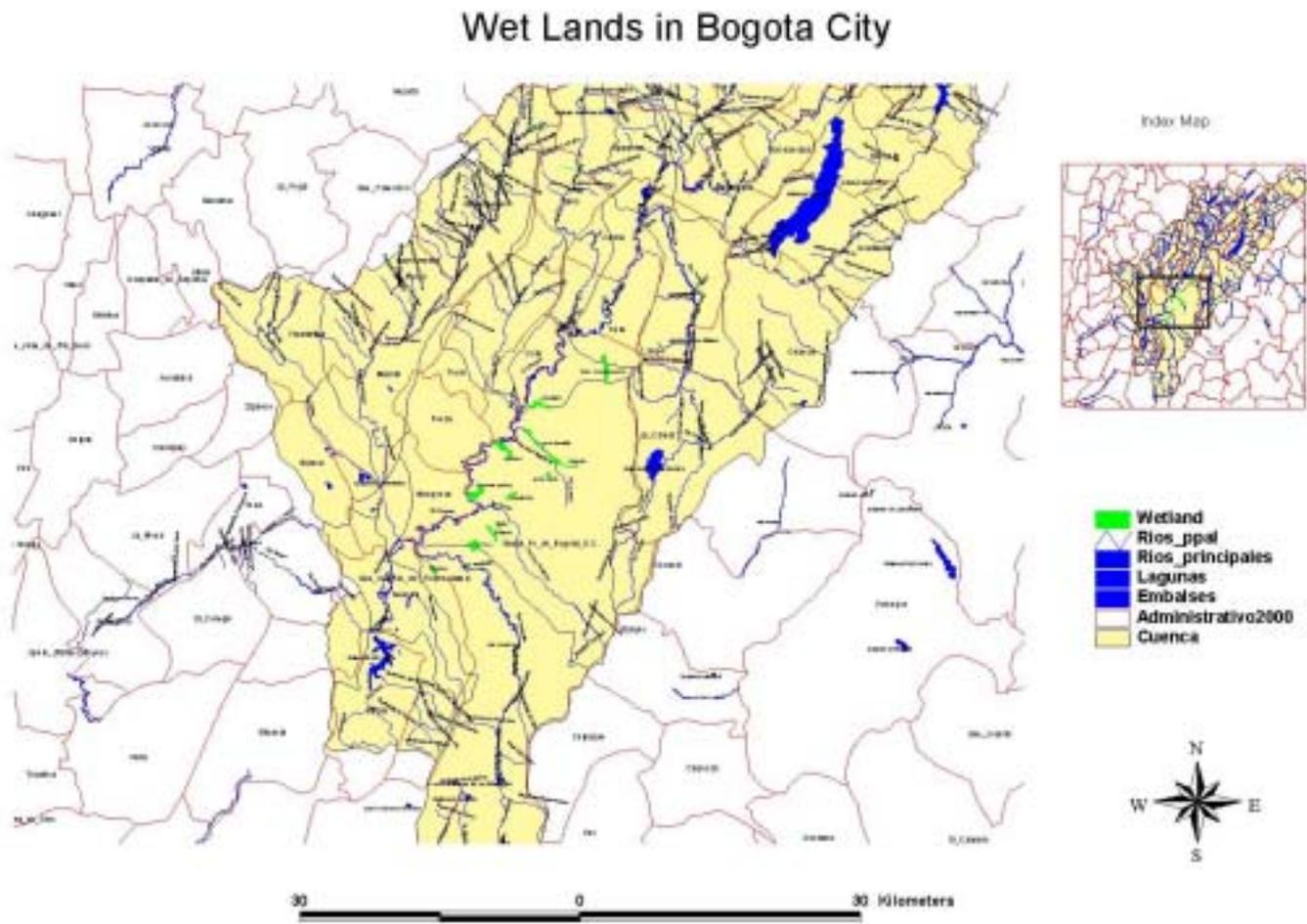


Figura 4.7 Mapa de la distribución de humedales en Bogotá D.C.