

CAPÍTULO 3 INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS

3.1 Análisis de uso de suelos con imágenes satelitales

Para analizar el uso actual de la tierra, el Equipo de Estudio de JICA procesó los datos para apoyar el análisis de la cubierta actual de la tierra y la distribución de humedales, así como para soportar la interpretación geográfica y geológica en el Área de Estudio, mediante la adquisición de datos del satélite LANDSAT 7 ETM, como se indica en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 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

Según el procesamiento de datos de imagen, se produjeron los mapas siguientes en el Área de Estudio: la imagen compuesta colorida en la figura-3.1 y el mapa de la cubierta de la tierra en la figura-3.2, con revisión cruzada entre datos pre-procesados de clasificación de clases y el estudio de la cobertura de la tierra en el campo. La distribución de la cubierta de la tierra se realizó según el histograma y el área de cada cubierta, usando las unidades de la tabla-3.2.

Distribución del área de bosques sobre 3000 metros, aumento del área de bosque al norte de Bogotá, tierra húmeda en la Sabana de Bogotá de 2400 a 2900 metros, tierra de cultivo y pastizales en inclinaciones suaves y en cuenca de inundación a lo largo del río Bogotá, aumento de pastos debido a altura y relieve, tierra desnuda, erosión y deslizamientos de tierra en el norte, noreste y el sur, sitio de reservorio en el este norte de Bogotá y lagunas pequeñas y lagos en el suroeste de Bogotá y presencia de invernaderos.

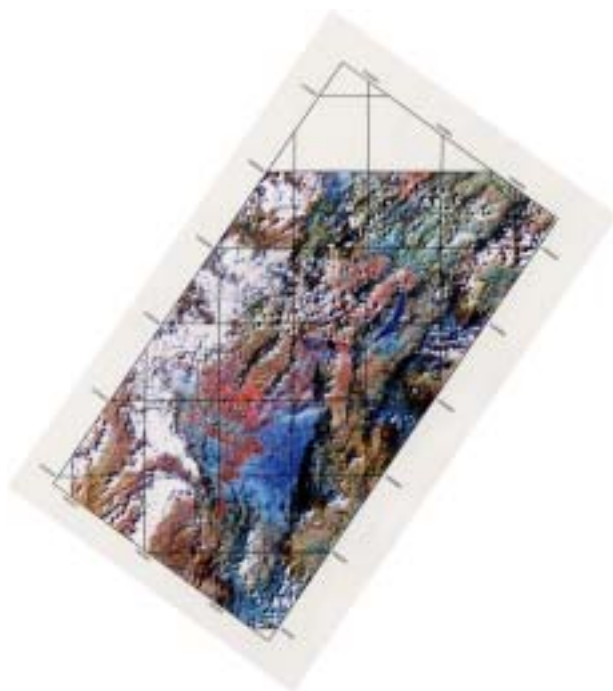


Figura-3.1 LANDSAT-7 Imagen Compuesta de Color de toda el Área de Estudio.

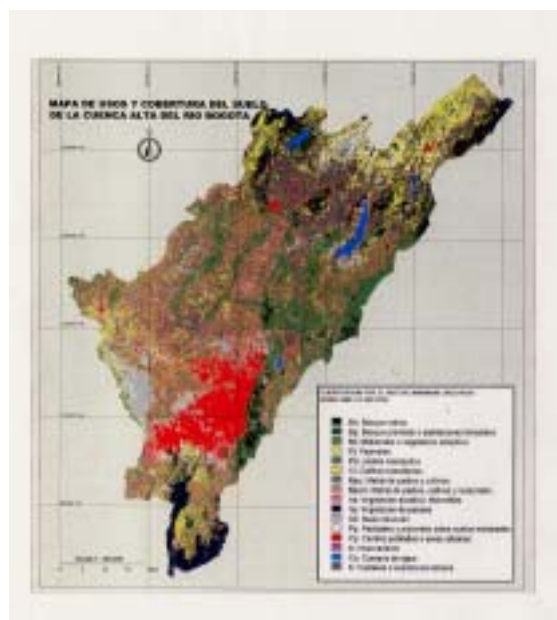


Figura-3.2 Mapa de cobertura del suelo en el Área de Estudio

Tabla-3.2 Áreas de uso de suelo en el Área de Estudio

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

3.2 Estudio de campo del medio ambiente

(1) Water Environment of Bogotá River

<Uso del Río Bogotá>

El río Bogotá se origina al occidente de Villapinzón en el Departamento de Cundinamarca (nace a 3.300 m sobre el nivel del mar). El río fluye 130 km de noreste a suroeste a través de la Sabana de Bogotá (el curso del agua tiene un gradiente 1/1,000) y alcanza el salto del Tequendama (mas precisamente la planta de generación de EMGESA de 1,000 MW), el punto mas bajo en la sabana. Finalmente el cuerpo de agua se une al río Magdalena después de haber recorrido 80 km fuera del área de Estudio. El río Bogotá se compone de varios tributarios por ejemplo Sisga, Tominé, Neusa, Teusacá, Frio, Chicú Subachoque, Tunjuelito y Muña (en orden desdeaguas arriba). Mas adelante existen 2 ríos urbanos denominados Salitre y Fucha en la ciudad de Bogotá.

Cada uno de los 4 tributarios de aguas arriba tiene un gran embalse por e ejemplo Represa del Sisga, (CAR, 103 millones de m³, para irrigación y abastecimiento de agua), Represa del Tominé (EEEB, 690 millones de m³ para generación eléctrica, abastecimiento y control de inundaciones), Represa del Neusa (CAR, 100 millones de m³ para irrigación y abastecimiento) y Represa de San Rafael (el Acueducto, 750 millones de m³ para abastecimiento).

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).

<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.

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 el 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 una 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 amoníaco 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 amoníaco 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.

(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 Ramsar.

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 eutrofización causada por materias orgánicas. Los efectos, pues, sobre estos ecosistemas han sido muy perturbadores.

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.

<Medidas para el mejoramiento del medio ambiente del agua. >

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.

(3) Agua subterránea y subsidencia

< 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.

< **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.

3.3 Exploración geofísica

El propósito del estudio geofísico es como sigue a continuación,

- Conocer la estructura del acuífero del Área de Estudio
- Conocer la profundidad de la distribución de los acuíferos del Cretáceo.

(1) Método de la Exploración Geofísica y Sitio de Observación

En este estudio, el método CSAMT fue utilizado para el estudio geológico. Catorce frecuencias que se muestran a continuación fueron usadas para detectar la estructura geológica hasta 1,000 - 1,500m de profundidad.

Frecuencias que se usan para el CSAMT (Hz); 5120, 2560, 1280, 640, 320, 160, 80, 40,
20, 10, 5, 2.5, 1.25, 0.625

Los puntos de observación del estudio CSAMT se muestran en la figura 3.1

(2) Resultado de la exploración CSAMT

(a) Resultado del análisis

En la interpretación de los resultados de la exploración CSAMT, se aplicaron los siguientes criterios;

- La resistividad eléctrica del Cuaternario es menor que 30 Ω m
- La resistividad eléctrica del Terciario es menor que 50 Ω m
- La resistividad eléctrica del Cretáceo es mayor que 50 Ω m

Área A(No.1, 3, 4)

El grupo Guadalupe distribuye al menos a una profundidad mayor de GL-1,200m.

Área B (No. 2, 5)

El grupo Guadalupe distribuye al menos a una profundidad mayor de GL-1,000m.

Área C (No.14, 15)

El grupo Guadalupe distribuye constantemente desde GL-100m a una profundidad mayor de GL-1,000m.

Área D (No.6, 7, 8, 9)

El grupo Guadalupe distribuye cerca de la superficie del suelo (0 a GL-200m).

Área E (No.10, 11, 12, 13)

El grupo Guadalupe distribuye desde una profundidad mayor que GL-200m.

Área F (No.20, 21, 22)

El grupo Guadalupe distribuye a una profundidad mayor que GL-250m con un grosor de más de 1,000m.

Área G (No.16,17,18,19,)

La formación Tilata distribuye desde GL-100 hasta GL-400m. La formación Guadalupe subyace bajo la formación Tilata.

Área H (No.23, 24, 25, 26)

La formación Guadalupe distribuye a una profundidad mayor que GL-100m.

Área I (No.28, 29, 30, 31)

La formación Guadalupe distribuye a una profundidad mayor que GL-400m.

(b) Conclusión del Estudio CSAMT

De acuerdo a los resultados del CSAMT, la cima del Grupo Guadalupe distribuye al menos a una profundidad de GL-1,000m o GL-1200m en el centro de la Sabana de Bogotá. Entonces la cima del Grupo Guadalupe distribuye gradualmente desde la superficie del suelo hacia el borde del Área de Estudio. Este resultado corresponde al resultado del estudio existente.

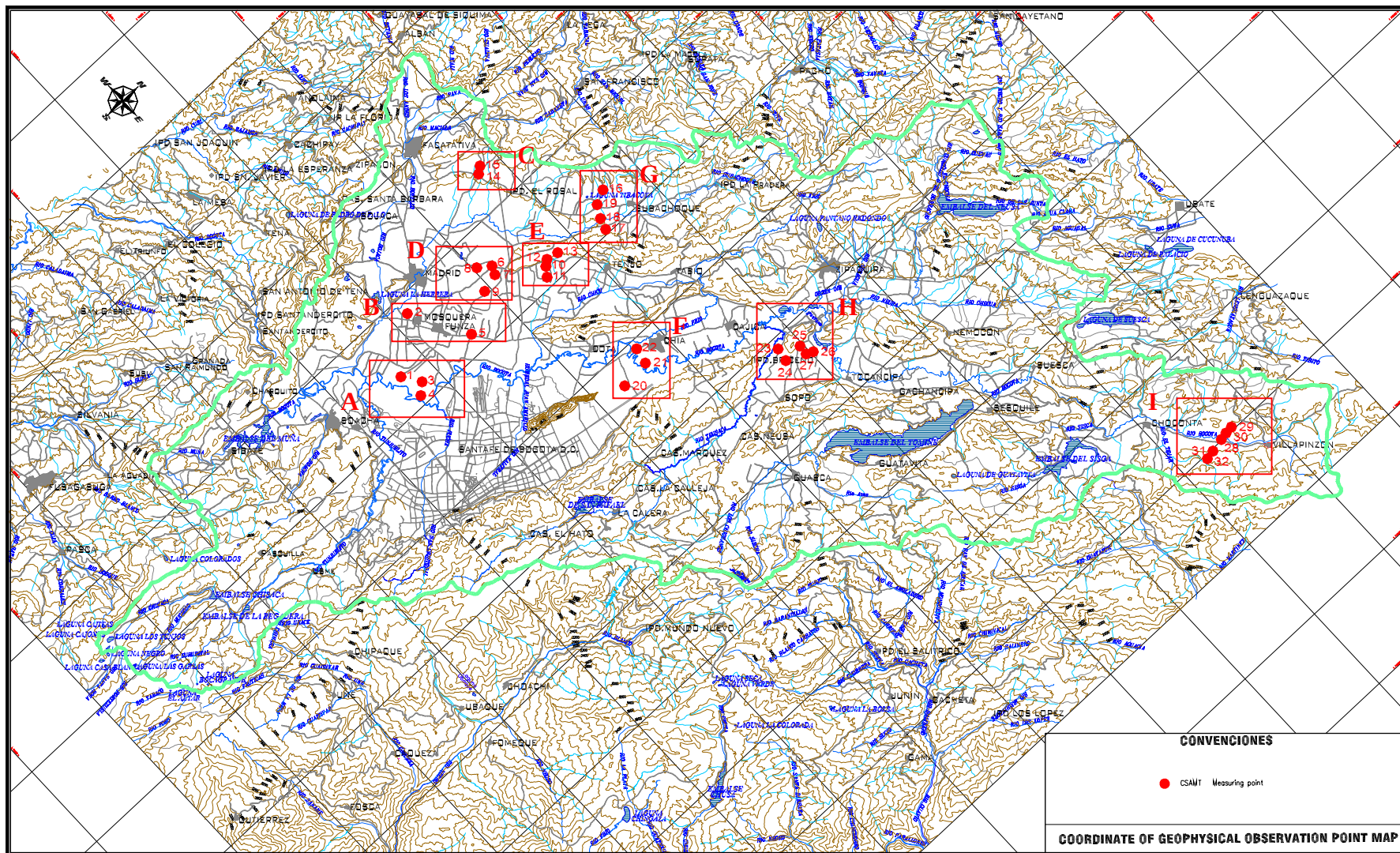


Figura-3.3 Ubicación de la Exploración CSAMT