

### 2.1.5.2 Evolución de los Lagos en la Cuenca del Valle de México

La Cuenca del Valle de México se localiza en la porción central de la Faja Volcánica Transmexicana, cuyo origen está ligado a los movimientos relacionados con la tectónica de placas.

Estos procesos dieron lugar a una intensa actividad ígnea, así como a sistemas complejos de fallas y fracturas asociadas, muchas de las veces activas aún en la actualidad, lo que hace a la Cuenca del Valle de México una zona de alto riesgo sísmico.

Aguayo *et al.*, en 1989, realizó un estudio estratigráfico estructural en el Valle de México, en la que analiza los sistemas de fracturas y fallas en la ciudad, determinando que están controlados por un patrón de falla regional S-NE y SE-NW; además, identificó 16 fallas locales distensivas principales, que inciden en el interior de la Cuenca del Valle de México.

Algunas de dichas fallas dieron lugar a las depresiones en donde se desarrollaron los principales lagos de la cuenca; un ejemplo de esto es el lago de Zumpango, ubicado en la zona comprendida entre dos fallas distensivas, una localizada cerca del vaso de la Presa de Guadalupe al Sudoeste y que continúa hacia el Noreste hasta Tizayuca y Pachuquilla, Hidalgo, y la otra que va del Sudoeste al Noreste, en las inmediaciones de los poblados de Tepozotlán y San Andrés Jaltengo, Zumpango, Zapotlán de Juárez y Mineral de Reforma, falla trece; ambas conforman un graben o fosa tectónica que permite la formación del Lago.

Las fallas que dan lugar al lago de Texcoco son: falla ocho, que va desde el Sudoeste, en Contreras, que sigue por la zona centro (Colonias Nápoles, Del Valle, Narvarte, Roma, Doctores, Juárez, Cuauhtémoc y otras adyacentes), continuando hacia el Noreste donde se localiza el caracol en el ex - Lago de Texcoco y que sigue hasta Otumba, Tlanalapan y Cuauhtepc de Hinojosa.

La otra falla es la nueve, inicia al Sudoeste, en el Poblado El Zarco, continúa hacia el noreste, donde es paralela a la avenida Constituyentes-Reforma, cruza la porción norte del Caracol en el ex - Lago de Texcoco y continúa en San Martín de las Pirámides, hasta el poblado de Singuilucan al Noreste. Estas estructuras geológicas cruzan una zona distensiva con orientación NW-SE, formando así la depresión en que se encuentra la de Texcoco.

Por otra parte, Mooser en 1978 emplea un criterio de división para los lagos, que toma en cuenta la composición del agua salada y lagos con agua dulce, los primeros se formaron en las partes bajas y constituyeron vasos de evaporación; tal es el caso de los Lagos de Xaltocan y Texcoco; los de agua dulce se formaron al pie de la Sierra Chichinautzin y fueron alimentados por manantiales, este es el caso de Xochimilco y Chalco.

### 2.1.5.3 Geología Local

El área de estudio comprende parte de la Sierra de Guadalupe, el ex - Lago de Texcoco y el Cerro Chimalhuache. La zona en general está constituida por unidades volcánicas y volcanoclásticas de composición ácida y básica, así como materiales de tipo aluvial y lacustre.

A continuación se hace una descripción de las características de las unidades que se encuentran en el área, iniciando con la más antigua.

#### **Tm. (A) Terciario Mioceno, Andesitas**

Esta unidad está constituida por rocas de edad miocénica, de composición variada dentro de un rango intermedio, que van desde andesitas básicas hasta dacitas. Mooser (1962) considera que pertenecen a la formación Xochitpec y a la serie Santa Isabel-Peñón, que forma la base oriental de la Sierra de Guadalupe y el Cerro del Peñón de los Baños; sin embargo, Schlaepfer (1968) prefiere denominarlas "Rocas Volcánicas del Terciario Medio".

Las andesitas presentan textura porfídica, con cristales de plagioclasas y ferromagnesianos, así como vesículas y fracturamiento en lajas. Son de color gris en muestra fresca y de tonalidades ocre al intemperismo. Aparecen cubiertas por unidades clásticas y piroclásticas. Estas rocas presentan un alto grado de intemperismo y su permeabilidad es considerada media.

#### **Tipo (T) Terciario Plioceno, Tobas**

La unidad aflora en la Sierra de Guadalupe y en las faldas del Cerro Peñón de los Baños (este último se engloba en la clave Tm. (A)). Constituye una serie de materiales clásticos y piroclásticos, tales como tobas arenosas, cenizas, pómez, suelos antiguos tobáceos y lacustres, tobas híbridas y lahares, asociados con lentes conglomeráticos arenosos y horizontes bentoníticos.

Esta unidad se ha denominado como parte de la Formación Tártago (Secretaría de Programación y Presupuesto; Hernández H.M 1983), Mooses (1975) las denomina Serie Nochistongo y Requena. Dada la gran variedad de materiales que se encontraron, la unidad es considerada con permeabilidad que varía de media a baja.

#### **Q (bbe) Cuaternario, Brecha Volcánica Básica**

Esta unidad se distribuye ampliamente en el Cerro de Chimalihuache y su mayor exposición se observa al sur del mismo; se encuentra pseudoestratificada, alternando capas de material arenoso (lapilli), con bloques de basalto y escorias (texontle); en conjunto presentan una coloración gris oscuro.

El material brechoide está compuesto de fragmentos de roca basáltica así como de escorias, en tamaños que van de cinco a diez centímetros, de formas angulosas y porosas de color rojizo, en matriz de arena del tamaño de lapilli; existen además horizontes aislados de tobas (tepetate) de granulometría limosa y de color amarillo; asimismo, existen coladas de basalto de color gris oscuro, de textura afanítica y estructura vesicular, con fracturamiento que varía de moderado a intenso.

La unidad de brechas volcánicas se han considerado con alta permeabilidad debido a la baja compactación y cohesión de los constituyentes, asimismo del fracturamiento abierto de los basaltos.

#### **Q (tb) Cuaternario, Toba**

Esta Unidad se distribuye en la porción noroeste del Cerro Chimalihuache; la conforma una serie de paquetes de materiales dispuestos en capas semihorizontales, que en conjunto presentan un espesor aproximado a 20 metros. Se constituyen por materiales volcánicos

piroclásticos del tamaño de arcilla a arenas, con horizontes lapilli mal compactada en base, así como una serie de fragmentos de basalto de cinco a diez centímetros.

Los materiales en general sólo varían de paquete en paquete, por la diferencia de granulometría y coloración, predominando en la base los más gruesos. La consistencia de la unidad varía de baja a moderada, encontrando horizontes fácilmente disgregables; no se observan fracturas ni agrietamientos.

La unidad se formó a partir de una serie de emisiones volcánicas que fueron emitidas en forma rítmica y en cada una de ellas el aporte de los materiales de proyección aérea, se depositaron en la forma descrita.

#### **Q (la) Cuaternario, Lacustre**

El Valle de México y la zona del antiguo Lago de Texcoco, es una planicie compuesta por una secuencia de estratos arcillosos intercalados con lentes de arena, limo y vidrio volcánico, a los que en conjunto se les conoce como material lacustre, conformando un paquete que en ocasiones alcanza espesores de más de 180 metros.

Estos depósitos se interdigitan con materiales volcánicos y con depósitos aluviales. Debido a que los materiales están compuestos en su mayoría por arcillas, se les considera con una permeabilidad baja. Esta es la unidad dominante dentro y en los alrededores del sitio del proyecto.

#### **Q (al) Cuaternario, Aluvión**

Depósitos aluviales sin compactar, derivados de rocas ígneas extrusivas, compuestos por materiales clásticos de diversos tamaños y que van de subangulosos a redondeados. Hacia las zonas cercanas al volcán Chimalihuache el material es de grano grueso.

Estos materiales se distribuyen ampliamente en el área en las planicies y como relleno de los valles. El límite de esta unidad con los depósitos lacustres es transicional, ya que ambos se interdigitan.

Por sus características granulométricas y por su reducido grado de compactación, se le atribuye una permeabilidad alta.

### **2.1.5.4 Geología del Subsuelo**

Debido a que el proyecto se ubicará en la zona lacustre del antiguo Lago de Texcoco, se hará una descripción de los sedimentos que componen el área.

El antiguo vaso del Lago de Texcoco forma una planicie compuesta por depósitos lacustres, producto de la erosión de las rocas que constituyen las sierras que rodean al antiguo Lago, así como de los productos piroclásticos que los volcanes emitieron durante su desarrollo.

La mayoría de los depósitos son de construcción arcillosa con horizontes limoarenosos. Las profundidades y origen de los sedimentos son semejantes a los que se localizan bajo la Ciudad de México (Marsal y Mazari, 1959), razón por la cual el subsuelo ha sido motivo de diversos estudios para analizar principalmente sus propiedades mecánicas, dejando a segundo término la determinación precisa de la estratigrafía.

En virtud de que el origen de los materiales que rellenaron la Cuenca del Valle de México fueron transportados y depositados de diversas maneras, la distribución de los mismos es

variable, lo mismo que su textura, dando como resultado que la secuencia estratigráfica sea complicada.

Lo anterior se confirma en los depósitos estudiados, ya que la sedimentación está controlada por parámetros variados, lo que dio lugar a que el depósito no fuera uniforme en el tiempo ni en el espacio, por lo cual se desarrollaron acunamientos entre los materiales, a veces de forma gradual o abrupta en otros, así como la formación de lentes de arena y limo, principalmente. Estas características se han detectado en la mayoría de los cortes de pozos, por lo que no es fácil hacer una correlación a detalle de la litología.

En general las arcillas del antiguo Lago de Texcoco son mezclas complejas con materiales arcillosos (montmorillonita y en menor proporción illita), con gran cantidad de vidrio, cenizas volcánicas, microorganismos, sales disueltas, grasas de origen animal (Morales, 1991). Para explicar su formación, es necesario tener en cuenta los drásticos cambios climáticos ocurridos durante el Cuaternario.

Así por ejemplo, Sánchez Díaz (1989) expone una hipótesis para explicar el origen de las arcillas dentro del antiguo Lago de Texcoco, que cita que los vientos transportaban hasta el Lago suelos eólicos previamente depositados, cuyo material de origen era polvo volcánico (loess), que al ser depositados en el lago se hidrataban fácilmente, dando lugar a las arcillas de la Ciudad de México.

Por otra parte, Nieto (1973) explica la acumulación de material arcilloso de la siguiente manera: durante las épocas de abundante lluvia el tirante del lago aumentaba, provocando el depósito de arcillas en aguas tranquilas lejos de desembocaduras de corrientes; estos materiales, al ser muy finos, eran transportados también por el viento a gran distancia.

En los períodos de sequía, la evaporación disminuía el tirante del agua del lago, desarrollándose flora de ambiente pantanoso (como testigos se observan abundantes huecos de raíces que se han encontrado a profundidades variables en los pozos perforados por la Compañía Sosa Texcoco, S.A.).

En esta agua somera se depositaron aguas volcánicas, producto de la gran actividad volcánica durante el Cuaternario, que en épocas de sequía se endurecían y secaban dando lugar a las llamadas "capas duras", que se describirán más adelante.

No obstante la complejidad litológica que se encuentra en el subsuelo del antiguo Lago de Texcoco, se ha tratado de establecer la secuencia de los sedimentos lacustres y de las rocas que los subyacen; para ello, se realizó la perforación del pozo profundo I (PPI), programado a 2065 metros, único de este tipo en el área y que ha servido de base para establecer la estratigrafía general a profundidad de la Cuenca del Valle de México.

Sin embargo de los primeros 180 metros, no hubo recuperación de muestras, por lo que se propuso la perforación de los sondeos denominados bancos de nivel profundo BNP-1, BNP-2 y BNP-3, que tuvieron fines geotécnicos, pero que sirvieron para establecer la estratigrafía de los primeros 180 metros, ya que se perforaron a 200 metros.

Marsal y Mazari (1959) establecieron una terminología informal desde el punto de vista de suelos, del subsuelo de la Ciudad de México, misma que ha sido empleada hasta la fecha. Esta terminología se extendió al Lago de Texcoco, al encontrar características similares.

Las unidades definidas por dichos autores se han modificado a través del tiempo; sin embargo, la mayoría coincide con las definiciones que a continuación se describen brevemente.

### **Capa Superior o Manto Superficial (CS)**

Formada por arcillas afectadas por secado, limo arcillosas y arenas limosas. Su espesor aproximado es de 1.5 metros, aumentando éste hacia la Sierra de Guadalupe; estos materiales están surcados por grietas rellenas con materiales cólicos, principalmente, en las zonas cercanas a Bordo de Socias, en la intersección del Bordo Poniente con el camino Peñón - Texcoco y en la zona del aeropuerto. Esta capa descansa sobre la formación arcillosa superior.

### **Formación Arcillosa Superior (FAS)**

Construida por arcillas blandas altamente plásticas, con espesores variables de acuerdo con el lugar; 18 metros en la zona de El Caracol, 40 metros en el Bordo de Socias; 6 metros en la cercanía de la Sierra de Guadalupe; 25 metros en la zona centro de la Ciudad e México, de 39 a 17 metros en el tramo comprendido del Km 3 al 13 del camino Peñón - Texcoco.

Las arcillas que componen esta unidad son de origen volcánico lacustre, con intercalaciones y lentes de arena, limos y de vidrio volcánico. Sobreyace a la llamada capa dura.

### **Capa dura (CD)**

Compuesta por materiales limo-arenosos cementados por carbonato de calcio y con rasgos de desecación; presenta un espesor variable de entre 2.0 y 3.5 metros, tendiendo a desaparecer hacia el oriente, en las inmediaciones de Ciudad Nezahualcóyotl.

Esta capa se formó en la etapa interglaciaria Sangamon (Mooser 1992), que en el valle se caracterizó por ser un período de intensa sequía, lo que provocó el secado de suelos y por lo tanto su endurecimiento. La capa tiene intercalaciones de arcilla que corresponden a los ciclos húmedos de este período.

### **Formación Arcillosa Inferior (FAI)**

Conocida también como capa arcillo - arenosa, son una serie de estratos de arcilla de elevada plasticidad con lentes y estratos limo - arenosos y de vidrio volcánico; es diferente de la Formación Arcillosa Superior únicamente por su menor contenido de agua. Su espesor medio en el Centro del lago es de 20 metros, disminuyendo hacia el oriente y al norte. Esta formación tiende a desaparecer en la Sierra de Guadalupe.

### **Depósitos Profundos (DP)**

Constituidos por limos compactos, gravas y arcillas menos plásticas que las de la Formación Arcillosa Superior. Los materiales están interestratificados con capas de arenas finas y lentes de materiales volcánico y aluvial. Los espesores no se definen, ya que esta formación se profundiza en el subsuelo.

Algunos autores como Murillo (1978) y Torres G. (1992) utilizan esta terminología y a su vez denominan a los depósitos profundos como "Segunda capa dura"; estos mismos autores y Morales (1991), establecen una tercera Formación Arcillosa dentro de los depósitos profundo, con un espesor de más de 6 metros y a profundidades de 52 metros en el centro del ex - Lago y a 64 metros de profundidad en Bordo Poniente.

A su vez denominan Depósitos Profundos Interiores o Cuarta Formación Arcillosa al conjunto de estratos arenosos, limosos y limo-arenosos que en ocasiones contienen arcilla y gravas; se encuentran a profundidades de entre 145 y 160 metros.

Localmente en la zona de Bordo Poniente, se realizaron estudios de mecánica de suelos, sondeos y pruebas de laboratorio (Murillo y Laboratorios Tlalli, 1993), para conocer la estratigrafía del subsuelo del sitio. De dichos estudios se comprobó la existencia de un paquete masivo de arcillas (FAS) con intercalaciones de arena y ceniza volcánica, encontrados a los 9, 14, 20, 34 y 36 metros de profundidad.

A una profundidad variable de 38 y 42 metros se detectó un paquete de material limo-arenoso con mayor compactación, con un espesor aproximado de 1.50 metros considerado como la primera capa dura.

Posteriormente en estudios realizados por TGC en 1992, se determinaron las profundidades a las cuales se encuentran los sedimentos descritos anteriormente; las FAS se localiza de 1 a 36 metros de profundidad, la CD de 36 a 38 metros, la FAI de 38 a 53 metros y los DP a más de 53 metros.

Por otra parte, del análisis de cortes litológicos de los pozos 536-19 y pozo 35, se observa un paquete arcilloso de espesor promedio de entre 80 y 90 metros. Dentro de este paquete se observan lentes de arena fina a partir de los 9 metros con espesores de hasta 1 metro.

#### 2.1.5.5 Estratigrafía

La estratigrafía de los materiales profundos de la Cuenca del Valle de México está basada en la perforación del pozo profundo 1 (PP-1); Alvarez Jr. Propone una tabla estratigráfica primero sin considerar los primeros 180 metros de los cuales no se obtuvo muestra.

Sin embargo, consideró después los trabajos de Bryan (1948) y Arellano (1953), quienes reconocieron tres unidades Litológicas del Cuaternario en la Cuenca de México; dichas unidades no han sido cartografiadas y se les denomina Formación Tacubaya, Formación Caliche Morales y Formación Becerra.

Otros autores como Mooser (1962) denomina a tales formaciones como "Serie Clástica Fluvial y Aluvial del Cuaternario", mientras que Schlaepfer (1968) los denomina "Aluviones, suelos y capas Lacustres Cuaternarias". Por otra parte, Oviedo de León (1986) clasifica al conglomerado designado por Alvarez Jr. Como Formación Balsas, como conglomerado Texcoco y sobreadyacente a él denomina a unas capas de caliza arcillosa como Anhidrita Texcoco, asignándole una edad del Oligoceno.

Al considerar lo anterior se definió una columna estratigráfica modificada.

Se describen brevemente las unidades que perforó el PP-1

##### Formación Balsas

Conglomerado calcáreo encontrado a los 2065 metros, con fauna del Cretácico Superior; se le asignó una edad Eoceno Superior - Oligoceno Medio (Schlaepfer 1968,) y Alvarez Jr. (1968). Oviedo de León (1967) lo clasifica como Conglomerado de Texcoco, diferente en fases al Conglomerado Balsas y al Conglomerado El Morro.

### **Conglomerado Texcoco**

La matriz está formada por calcita espatítica, fragmentos de cuarzo líticos, mientras que el Conglomerado Balsas sólo tiene matriz de calcita espatítica. Su límite inferior se desconoce. Se encuentra subyaciendo a un gran espesor de anhidrita.

### **Anhidrita Texcoco**

Sobreyace al Conglomerado Texcoco. Se presenta en capas intercaladas con capas delgadas de caliza arcillosa. Se le asignó una edad del Oligoceno.

### **Formación Xochitepec**

Secuencia de tobas, brechas y lavas de composición traquiandesítica (Schlaedfer, 1968). Se le asignó una edad Oligoceno Tardío- Mioceno Medio; corresponde a una profundidad de 1125 a 1437 metros del PP- 1.

### **Formación Tepoztlán**

Comprende el intervalo entre 1030 a 1125 metros y corresponden a rocas volcánicas epiclásticas andesíticas depositadas por corrientes de agua y lodo, formando capas con espesores menores a diez metros. Se les asigna una edad Oligoceno Tardío - Mioceno Temprano.

### **Traquiandesitas Huatepec**

Comprende el intervalo entre 814 a 1030 metros. Es una secuencia constituida por lavas andesíticas, tobas arcillosas, aglomerados y arenas. Alvarez Jr, las denomina como Rocas Huatepec; basado en análisis radiométricos (K/Ar), se les designó una edad del Mioceno.

### **Formación Tlalycac**

Comprende el intervalo entre 505 y 814 metros. Material acarreado por corrientes de lodo, mal clasificado e interestratificado con rocas volcánicas. Se le ha definido como tobas híbridas, además se encuentran derrames lávicos riódacíticos, latíticos y andesíticos. Se les asigna una edad del Plioceno- Pleistoceno (Alvarez, Jr., 1968).

### **Formación Tarango**

Corresponde al intervalo comprendido entre 189 y 505 metros de profundidad. Consta de margas, calizas lacustres, tobas, cenizas, pómez, gravas, arenas y arcillas, además gravas volcánicas de origen fluvial, capas delgadas de pómez y los depósitos aluviales que se formaron en los pies de la Sierra Nevada, debido a la erosión que sufrieron los volcanes.

La mayoría de los autores establecen a la Formación Tarango a partir de los 33 metros de profundidad, lo que de acuerdo con Marsal y Mazari incluiría la capa dura, la formación arcillosa inferior y los depósitos profundos.

A continuación se describen otras unidades no descritas en el PP-1 pero sí reportadas por diferentes investigadores en otros estudios:

### **Formación Tacubaya**

Constituida en sus facies marginales por aluviones, tobas, brechas, pómez y ceniza volcánica (Cecear, 1952). Las facies lacustre está constituida por arcilla montmorillonítica con intercalaciones de ceniza y pómez, fragmentos de diatomeas y ostrácodos; Schlaepfer

(1968) la define como tobas limosas semiconsolidadas, de origen volcánico, depositadas en un medio lacustre. Los sedimentos que abarcan de los 3 a los 30 metros en el PP- 1 corresponden con esta formación y corresponden a la formación arcillosa superior.

#### **Formación Caliche Morales**

Arcilla bentonítica, agrietada y con abundante carbonato de calcio en sus facies lacustre. En sus facies fluvial consta de sedimentos identificados como caliche. Aflora en las Lomas de Chapultepec.

#### **Formación Becerra**

Comprende en sus facies marginales aluviones, depósitos cólicos, material piroclástico y abundante fauna de vertebrados. Bryan establece otras tres unidades empleando un criterio edafológico también basado en los trabajos de Arellano y De Terra, los denomina Formación Noche Buena, compuesta de arena, aluvión, materiales cólicos, humos y suelos con abundantes huellas de raíces dejadas por plantas acuáticas.

#### **Formación Totoltzingo**

Constituida por arcilla con gran cantidad de humus. Define una etapa de clima post-glacial frío. Schlaepfer inlaye en esta unidad a los depósitos Noche Buena (suelos de aluvión) y al Caliche Barrilaco que representa un período con clima cálido constituido por arcillas plásticas y caliche.

### **2.1.5.6 Geofísica**

Con el fin de complementar el conocimiento que se tiene de la estratigrafía del subsuelo, se analizaron los trabajos de geofísica que se han realizado en el ex - Lago de Texcoco.

Los estudios geofísicos se remontan al año de 1952-1953, en la que se realizó gravimetría, sísmica de refracción y geoelectrica (Carrillo N., 1969).

El levantamiento gravimétrico regional se realizó en la parte plana del valle y sólo fue una interpretación cualitativa del subsuelo, ya que no se conocía la estratigrafía subterránea, ni las densidades de las rocas. De este levantamiento se determinaron cuatro subcuencas subterráneas: Texcoco, Teotihuacán, Cd. De México y Chalco.

En la primera subcuenca se detectó un bajo gravimétrico, en las cercanías del Cerro Chimalhuacán, zona que sirvió de referencia para estudios sísmicos posteriores.

En el año de 1966, se programó un levantamiento sísmico (Proyecto Texcoco, SHCP), consistente en una serie de líneas. La primera es la línea base y va de Chimalhuacán a Cerro Gordo, esta línea coincidió con el bajo gravimétrico detectado anteriormente. La segunda línea (línea 2), va del cerro Peñón de los Baños a Chapingo y en la intersección de la líneas base y donde se programó la perforación del pozo profundo 1 (PP1) (Figura 2-7).

Los resultados de los estudios sísmicos (perfiles) detectaron dos contactos refractores denominados "A" y "B"; los cuales, en la línea base tienen un comportamiento semihorizontal y antes de llegar al PP-1 empiezan a descender fuertemente hacia el sudeste, es decir hacia el cerro Chimalhuacán; encontrándolos, ya a 3 Km al noroeste del PP-1, a una profundidad de 770 m para el "A" y a 1850 m para el "B". Sobre el refractor "A" se depositaron aparentemente los derrames del volcán Chimalhuacán (Figura 2-8).



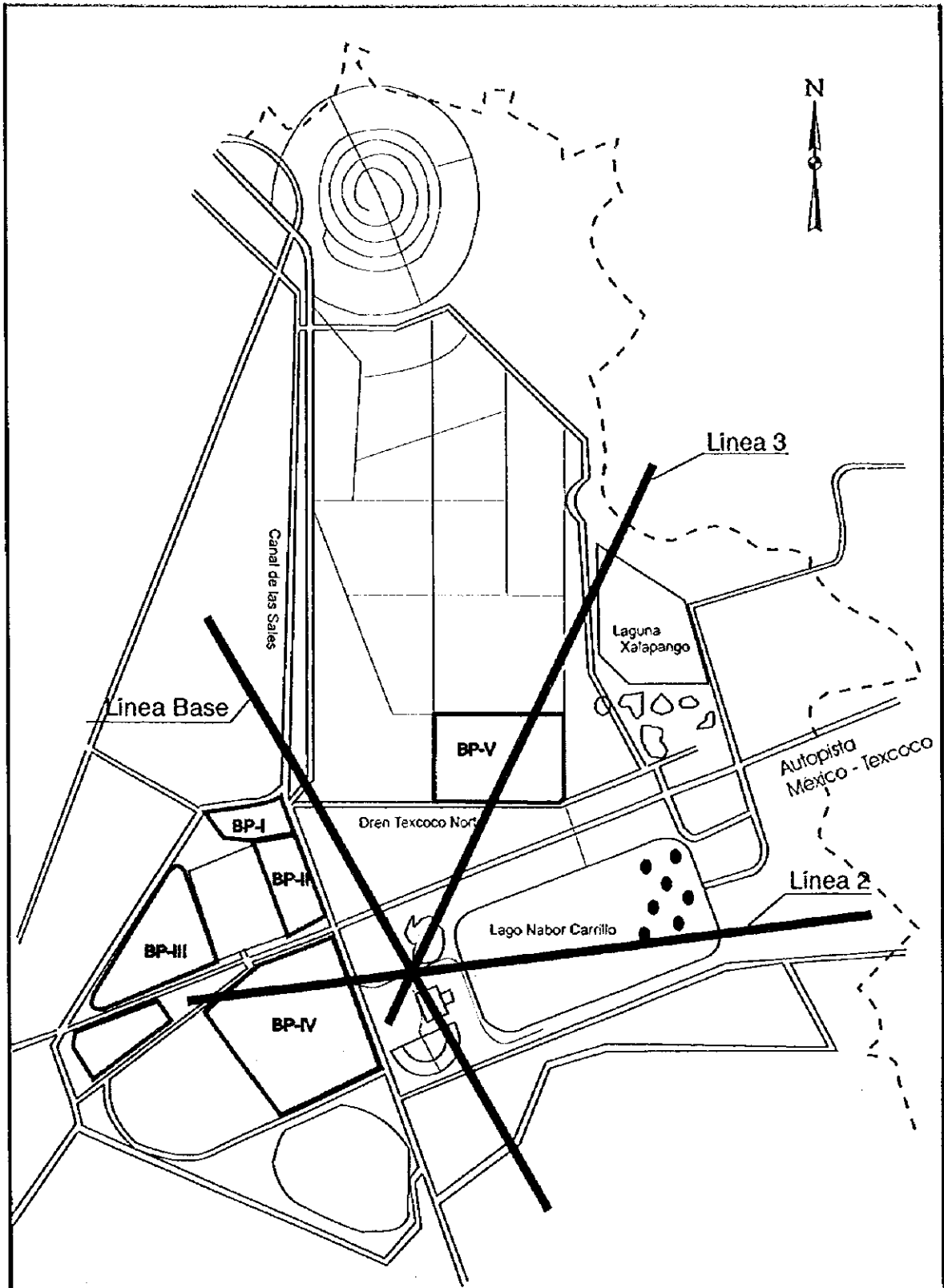


Figura 2-7:

Ubicación del Líneas Sísmicas

— Línea Sísmicas

KOKUSAI KOGYO Co., Ltd.

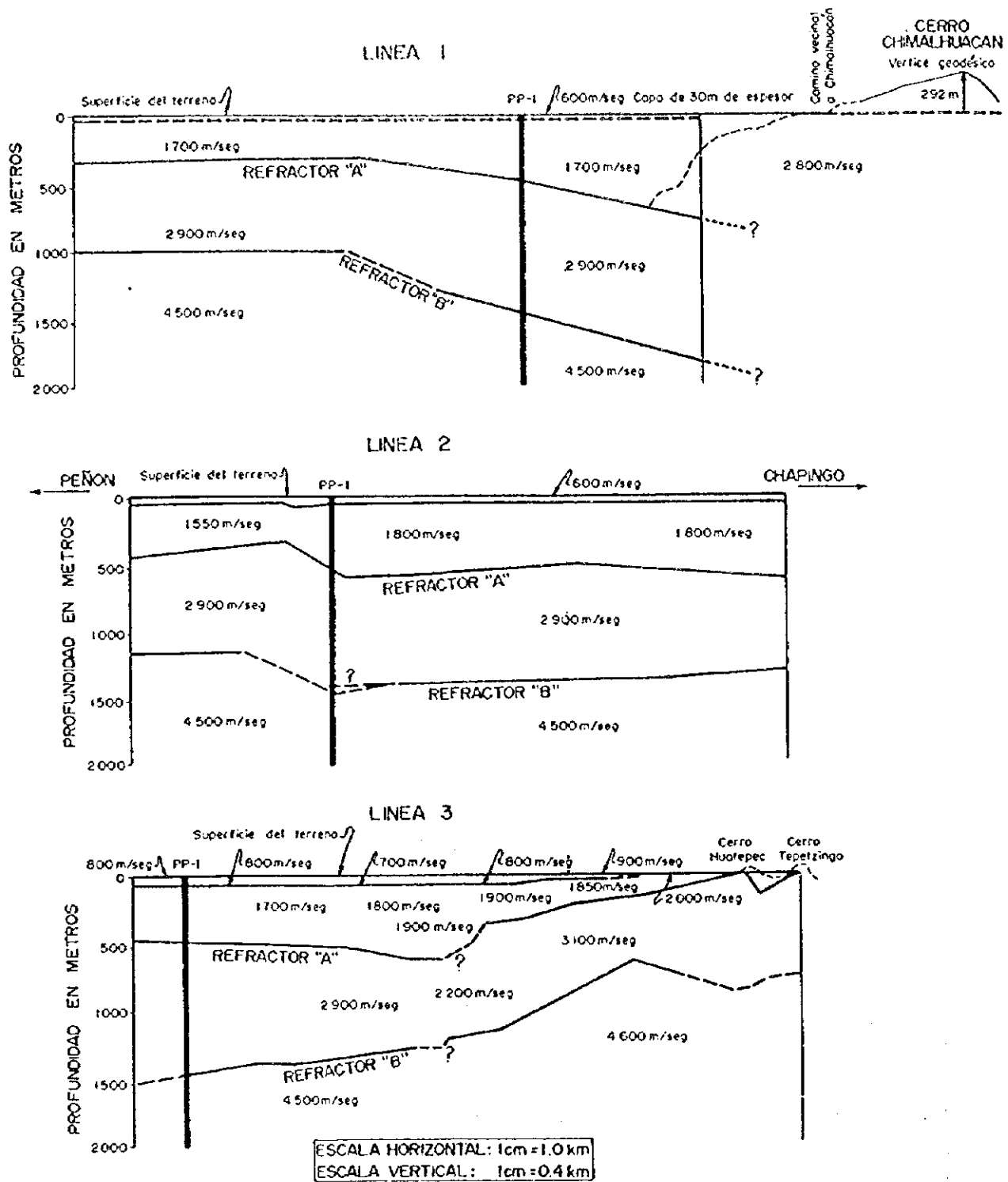


Figura 2-8: Exploración Sísmica - Perfiles de Refracción

Con la observación anterior y con la anomalía gravimétrica, se concluye que en la cercanía del cerro Chimalhuacán, existe un valle sepultado en dirección noreste sudoeste, que probablemente sea indicio del espesor potente de sedimentos en el área.

Los resultados de la sismología de refracción, determinaron cuatro mantos, caracterizados por las distintas velocidades de propagación de las ondas sísmicas y cuyas características se muestran en la siguiente tabla:

**Cuadro 2-12: Mantos y Refractores Determinados en la Línea Base**

Manto	Velocidad media, m/seg	Profundidad Estimada, metros	Características de la Formación
Superficial	600	0 a 30	Formación de arcilla muy compresible y saturada de agua
Primero	1,700	30 a 520	Formación arcillo-arenosa poco compacta y saturada de agua
Refractor "A"	--	520	--
Segundo	2,900	520 a 1,445	Tobas compactas con intercalaciones de horizonte arenosos
Refractor "B"	--	1,445	--
Tercero	4,500	1,445 en adelante	Rocas muy compactas, posiblemente ígneas

Los resultados obtenidos de las líneas sísmicas de refracción, permitieron concluir que los derrames de roca ígnea y material piroclástico en el subsuelo del antiguo Lago de Texcoco, provinieron de tres aparatos volcánicos:

- El primero, del volcán Huatepec cuyas emisiones má profundas llegaron hasta el cerro de Chimalhuacán.
- El segundo lo conforman los cerros Gordo y Peñón de los Baños
- El tercer aparato corresponde al volcán Chimalhuacán, cuyas emisiones descansan sobre las rocas profundas del volcán Huatepec.

Para el año de 1987, el Departamento de Geofísica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), como consecuencia del sismo ocurrido en 1985, realizó una serie de estudios en el subsuelo de la Ciudad de México, a fin de investigar los depósitos someros. Parte de los estudios se extendieron a la zona del antiguo Lago de Texcoco y son estos últimos los que se tomaron en cuenta para el estudio geofísico.

Los estudios realizados fueron de sísmica de refracción y sondeos eléctricos verticales (SEV), y la profundidad aproximada de investigación fue de 500 m.

Los estudios de refracción sísmica realizados por la CFE, también dieron cuatro mantos con características que se observan en la siguiente tabla:

Cuadro 2-13: Refracción sísmica realizada por CFE 1987

Manto	Velocidad media, m/seg	Profundidad estimada, metros	Características de La Formación
1	250 a 1100	25	Capa superficial constituida por depósitos arcillosos de origen lacustre (tendido T3)
2	850 a 1500	70	Depósitos arcillosos ligeramente más compactados
3	1700 - 2000	300	Depósitos aluviales (tendidos T2- T1)
4	2000 - 3000		Sólo se localiza en los tendidos T1 y T2

Como se puede observar, la sísmica realizada en 1966 y 1987, dieron cuatro mantos de las siguientes características:

El manto superficial coincide en los dos estudios, la profundidad es de 25 a 30 metros y la velocidad de las ondas sísmicas observada es de 250 a 1,100 m/seg (quedando la de 600 m/seg del primer estudio incluida aquí).

En el manto primero, en 1966 se detecta una velocidad de 1,700 m/seg y un espesor de 30 a 520 m, hasta el primer refractor "A". En 1987 la CFE reporta una velocidad de 850 a 1,500 m/seg, pero sólo hasta los 70 metros de profundidad; en ambos casos lo relacionan con materiales arcillo-arenosos, poco compactos y saturados con agua.

La CFE detectó otro horizonte de los 70 a 300 m, considerados como depósitos aluviales de regular compactación asociados a derrames lávicos; esta capa queda dentro del primer manto de la geofísica de 1966 (Carrillo). Ambas capas corresponden a los mismos materiales, sólo que se le interpretó con diferente granulometría.

El último horizonte detectado por CFE, se encuentra a profundidades mayores a los 300 metros, y tiene velocidades de 2,000 a 3,000 y aún 4,000 m/seg, asociada a tobas y derrames lávicos y corresponde con el manto segundo de la línea base, con una diferencia en la profundidad ya que en el segundo se ubica a más de 520 metros.

De lo anterior se puede concluir que la primera capa es arcillosa poco compactada con un espesor de 25 a 30 metros. existe una segunda capa más areno-arcillosa, con saturación de agua a 70 metros de profundidad, la cual es de origen lacustre.

Después de los 70 metros de profundidad, los materiales que predominan son arenosos con moderada compactación, probablemente asociados a algunos derrames lávicos, también con presencia de agua, cuya profundidad llega a los 300 metros y en algunos sitios a 520 metros, (Zona de Chimalhuacán a Cerro Gordo).

A partir de esas profundidades (300-500 metros) se detectaron rocas ígneas compactas, que pueden ser el basamento de los materiales granulares aluvial-lacustres que rellenaron el antiguo Lago de Texcoco.

#### 2.1.5.7 Geofísica Eléctrica

Con respecto a la geofísica eléctrica que realizó la CFE en 1987, sólo penetraron dos líneas geoelectricas en el antiguo Lago de Texcoco. En ellas se determinaron dos grandes paquetes de materiales: uno considerado antiguo (A), relacionado con rocas volcánicas y el otro reciente (R), relacionado con materiales de relleno del lago.

La sección que se realizó paralela al camino Peñón Texcoco detectó 4 unidades. La unidad 1R, se encuentra entre los sev<sup>1</sup> 2581 a 1210; tiene un espesor de 225 metros en el centro (sev 1205) y se acuña hacia los extremos, hasta desaparecer. Le caracteriza por presentar resistividades de 0.2 a 0.25 ohm-m, los primeros 20 metros y aumentar a 1.2 en el resto de la unidad. Se ha relacionado con depósitos lacustres en la que predominan elementos finos (Figura 2-9). La ubicación de estos sev's se muestra en la Figura 2-10.

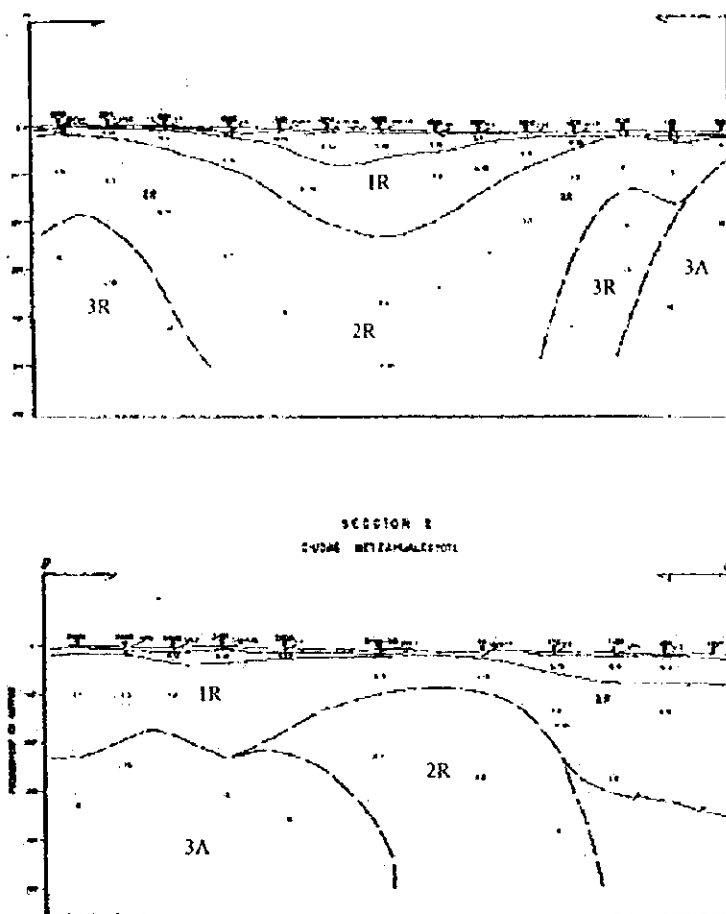


Figura 2-9: Geofísica Eléctrica

<sup>1</sup> Sondeos eléctricos verticales

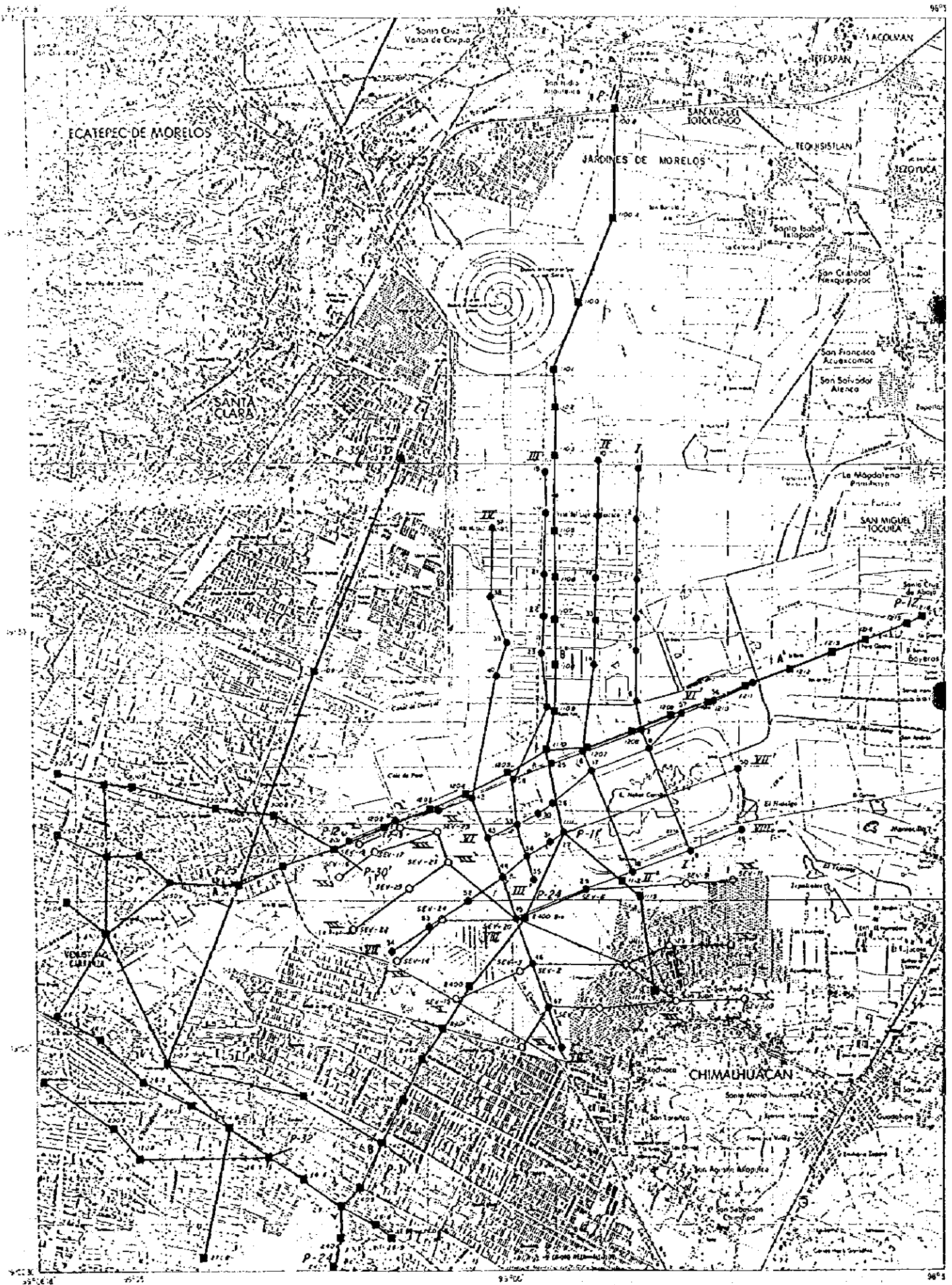
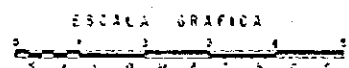


Figura 2-10: Ubicación del Sondeos Eléctricos Verticales



La unidad 2R subyace a la anterior y se profundiza indefinidamente en el centro del área (sev (sondeos eléctricos verticales) 1203 -1205); hacia los extremos de la sección se reduce el espesor hasta alcanzar 100 metros en promedio. Las resistividades registradas son de 6.2 a 6.8 ohm-m, y se relacionó con depósitos lacustres y aluviales antiguos de consistencia areno-arcillosa.

La unidad geoelectrica 3R, se ubica a ambos extremos de la sección. Inicia a los 200 metros y se profundiza indefinidamente en el sudoeste, sólo aparece con 200 metros de espesor en el noreste. Tiene unas resistividades de 12 a 15 ohm-metros y se correlacionó con material tipo aluvial.

La unidad geoelectrica 3A, se encuentra en el extremo noreste (sev 1210-1212). La resistividad de esta unidad es de 6 a 15 ohm-m y se ha relacionado con material volcánico como brechas y tobas compactas en general alteradas.

En la sección que corre norte-sur sólo aparecen las unidades 1R, 2R y 3A, la primera tiene un contacto oscilante, con espesor de 300 metros en los extremos (sev 1110 y 2404 a 2400) y disminuye en el centro a 80 metros (sev 1111).

La unidad 2R sólo se registró en el extremo norte (sev 2400-1110), se encuentra a los 80 metros y se profundiza indefinidamente.

La unidad 3A se encuentra en contacto lateral con la 2 R y bajo la 1 R, se ubica al sur de la sección (sev 2404- 2400). Se encuentra a 300 metros de la superficie y se profundiza indefinidamente.

Las características resumidas se muestran en la siguiente tabla, en la cual se incluyen los valores de velocidad sísmica longitudinal.

Cuadro 2-14: Integración de la geofísica realizada por CFE (1987) y LESSER y Asociados, S.A. (1988)

Unidad Geo-eléctrica	Espesor metros	Resistividades Ohm-m	Velocidad Sísmica Longitudinal, m/seg	Características
1 R	20 - 335	0.2 y 1.5	Vp= 300 y 550	Horizontes lacustres predomina el elemento fino
2 R	100 m sec 1, indefinido sec 2	1.5 y 4	Vp= 450 y 900	Horizontes lacustres con depósitos aluviales
3 R	200 m a indefinido	5 y 14	Vp=800 y 1300	Materiales de tipo aluvial
3A	Indefinido	6 - 15	Vp=1500-1800	Material volcánico

Por otra parte, la compañía Lesser y Asociados realizó en 1988, una serie de sondeos eléctricos verticales en la parte central y oriente de el ex - Lago de Texcoco, en los cuales obtuvo los siguientes resultados.

La unidad geoelectrica 1 se localiza en toda la zona con un espesor de 1 a 10 metros, y resistividades bajas de 0.044 a 25 ohm-m, y corresponde a una serie de materiales arcillosos de origen lacustre, los cuales tienen presencia de agua, cuya salinidad es mayor a 10,000 partes por millón (ppm).

La unidad geoelectrica 2 se observa en toda el área en un espesor promedio de 60 metros y sólo se observa un adelgazamiento y aún desaparece, hacia el este (sev 57 y 58) en las cercanías del lago Nabor Carrillo y el cerro Chimalhuacán. En la zona cercana al aeropuerto existe un aumento del espesor. Las resistividades que se registraron son de 0.017 a 9.7 ohm-m relacionados con material arcilloso, saturado con agua salada con 5,000 a 10,000 ppm, considerada como un acuitardo.

La unidad geoelectrica 3, se localizó en toda el área del antiguo Lago de Texcoco, presento un espesor variable en el centro de la zona federal del antiguo Lago de Texcoco (sev 29-18,16), cerca de la planta de tratamiento de aguas residuales. La disminución del espesor es hacia el norte (sev 37,201) y sudeste donde es probable que se acuñe en el Cerro Chimalhuacán. Las resistividades registradas son de 1.4 a 71 ohm-m, asociados con depósitos arcillo-arenosos, saturados con agua con 2000 ppm, y es considerada como la unidad acuífera principal de la zona.

La unidad geoelectrica 4 subyace a todas las demás; presenta un espesor variable mayor a 500 m, no definiéndose otra unidad inferior. Tienen resistividades de 12.8-255 ohm-m y se relacionan con material tobáceo, arcilloso y no menciona si contiene agua la unidad.

La síntesis de las anteriores características se muestran en la Cuadro 2-15.

Cuadro 2-15: Características de las Unidades Geoelectricas

Unidad geoelectrica	Espesor Metros	Resistividad Ohm-m	Salinidad Ppm	Características
1	1-10	0.044-25	10,000 ( a 54,000 en Sosa Texcoco)	Capa alterada superficial esencialmente arcillosa
2	60	0.17-9.7	5,000-10,000	Material arcilloso saturado, con comportamiento de acuitardo
3	300-500	1.4-71	2,000	Depósitos arcillo-arenosos, constituye el acuífero principal de la zona
4	+500			

De los dos estudios geofísicos, se obtienen las siguientes observaciones:

De los sondeos eléctricos verticales (sev), que se realizaron sobre el camino Peñón- Texcoco se encontró que la CFE, determinó una capa superficial (1R) que coincide con las unidades geoelectricas 1 y 2 del segundo autor. En ambos estudios las resistividades son similares del orden de 0.2 a 1.6 ohm-m. Lesser y Asociados consideran que la capa 1 es de espesor constante de 15 metros; la unidad 2 se mantiene semihorizontal, encontrando su límite inferior a 80 o 100 metros, CFE profundiza la unidad 1 R, en el centro de la sección (sev 1205) hasta 225 metros. En ambos casos la acuñan hasta desaparecer hacia el noreste. SE puede considerar que en ambos casos los materiales son arcillosos de origen lacustre.

La unidad geoelectrica de la CFE 2R se profundiza en el subsuelo, sin encontrar el basamento, sobre todo en la zona central (sev 1202-1110). Esta unidad corresponde en parte con la unidad 3 de Lesser, ya que hacia el sudoeste de la sección se encuentra un límite a los 240 metros de profundidad, que aumenta hasta 435 metros al noreste (sev 25).

Para la CFE se trata de materiales aluviales y lacustres, que corresponden con materiales aluviales de Lesser, que los considera como el acuífero principal; en ambos casos la resistividad para las unidades es de 1.5 a 5.8 ohm-m, en lo cual coinciden.



Sin embargo, para Lesser a los 240 metros de profundidad en el sudoeste y 435 metros en el noreste, existe un basamento semicomacto compuesto de tobas y margas; en este caso las resistividades son contrastantes ya que registra 28 a 61 ohm-m, mientras que CFE para "2 R" la sigue conservando de 1.5 a 4.

Otra diferencia es que la CFE, detectó en el sudoeste (sev 1201-2510) y noreste (sev 1209), la unidad 3 R, considerada como material aluvial, la cual se formó fuera del lago. El primer caso está a 290 metros de profundidad y se continúa hacia el subsuelo indefinidamente; la resistividad es de 5 a 14 ohm-m, y coincide con la unidad 4 de Lesser. Para el segundo caso coincide con la unidad 3 del mismo autor.

En la zona noreste, CFE, detectó una capa antigua (3A), a una profundidad de 300 metros y la relacionó con rocas volcánicas piroclásticas con resistividades de 15 a 40 ohm-m, que probablemente pueda coincidir con la unidad 4 de Lesser.

Como conclusión se puede mencionar que existe:

- Superficialmente un horizonte de material alterado, con resistividades de 0.25 a 0.4 ohm-m y espesor de 15 metros en promedio.
- Una segunda capa de material arcilloso de origen lacustre, con espesor variable de 60 a 80 metros y con resistividades de 0.2 a 0.4 ohm-m y espesor de 15 metros en promedio.
- Una segunda capa de material arcilloso de origen lacustre, con espesor variable de 60 a 80 metros y con resistividades de 0.2 a 1.6 ohm-m, que se acuña hacia los extremos.
- Una tercera capa de material arcillo-arenoso de origen aluvial que conforma el acuífero, sus resistividades van de 1.5 a 5.8 ohm-m y su espesor no está bien definido.
- La cuarta capa, al igual que la anterior, presenta un espesor indefinido: está compuesta por material más compacto, con resistividades que van de 28 a 61 ohm-m. Hacia el extremo oriental esta unidad puede corresponder con rocas volcánicas.

#### 2.1.5.8 Relieve

El sitio del proyecto se ubica en una zona en donde el relieve que predomina es plano, sin accidentes topográficos importantes.

#### 2.1.5.9 Suelos

##### Suelos en el Sitio del Proyecto

En la Cuenca del Valle de México, la mayor parte de los suelos se agrupa en suelos derivados de cenizas volcánicas y suelos recientes. En particular, en la zona del antiguo lago de Texcoco se encuentran suelos lacustres del Cuaternario.

El suelo encontrado en el antiguo Lago de Texcoco, se agrupa de acuerdo con la clasificación de FAO como Solonchak gléyico asociado al Solonchak órtico, de textura fina. Por otra parte, en los alrededores de el sitio del proyecto en particular en Ecatepec se ubica Litosol asociado con Feozem háplico y Feozem calcárico, en ocasiones asociados a Vertisol pélico y el Feozem háplico asociado con litosol de textura media.

El solonchak gléyico se caracteriza por presentar un alto contenido de sales, además tiene una capa en el subsuelo en la que se estanca el agua, de color gris azulosa. Su profundidad es mayor a los 100 cm; tiene como limitante el nivel freático; su espesor es de 39 cm en promedio. El Horizonte A se denomina Mólico, y presenta una reacción débil al Acido clorhídrico, de textura fina; en su estructura presenta bloques de tamaño fino y desarrollo moderado. Posee grietas, moderadamente drenado y se encuentra en fase sódica.

A continuación, se describen algunos aspectos de análisis realizados por la antigua Comisión del Lago de Texcoco en la zona.

Cuadro 2-16: Características del Suelo

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	A	B	C	D
PROFUNDIDAD cm	0 a 20	20 a 40	0 a 20	20 a 40
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA mmhos-cm	24.1	74.3	54	70
PH	9.5	9.6	10.2	10.2
% DE SATURACION	72.5	74.3	69.0	70.5
TEXTURA				
% Arena	62.28	66.64	55.28	64.56
% Arcilla	21.71	18.07	27.15	23.15
% Limo	10.00	15.28	17.56	12.28
% MATERIA ORGANICA	5.6	4.7	6.0	5.5
TIPO DEL SUELO	arcillo arenoso	arenoso	arcillo arenoso	arenoso

FUENTE: COMISION DEL LAGO DE TEXCOCO, 1980.

Notas: El horizonte A y B corresponde a la clasificación Solonchak gléyico y el horizonte, y C y D a la clasificación Solonchak órtico.

Por otra parte, la Dirección general de Geografía, de la Secretaría de Programación y Presupuesto reporta la caracterización físicoquímica del Solonchak gléyico encontrado en el antiguo Lago de Texcoco (1983) como el Cuadro 2-17.

Cuadro 2-17: Caracterización Físicoquímica del Suelo

HORIZONTE DEL SUELO	Cámbrico	Argílico	Argílico II	Cámbrico
PROFUNDIDAD (cm)	0-13	13-31	31-52	52-100
TEXTURA % Arcilla	22	36	34	34
% Limo	10	22	22	26
% Arena	68	42	44	40
CLASIFICACION TEXTURAL	Migajón arcillo arenoso	Migajón arcilloso	Migajón arcilloso	Migajón arcilloso
COLOR EN SECO	10YR6/1	10YR5/1	10YR5/1	10YR5/1
COLOR EN HUMEDO	10YR4/1	10YR3/1	10YR3/1	10YR3/1
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA mmhos-cm	35.8	50.0	40.0	35.0
pH en Agua relación 1:1	10.3	10.7	10.7	10.7
% MATERIA ORGANICA	0.1	1.2	1.3	0.5
C.I.C.T. (meq/100 g)	19.0	27.3	25.8	26.0
% SATURACION DE BASES	100	100	100	100
SODIO (meq/100 g)	10.9	17.7	19.5	18.3
% SATURACION DE SODIO	Mayor que 40	Mayor que 40	Mayor que 40	Mayor que 40
POTASIO (meq/100 g)	8.1	9.6	6.3	7.7
CALCIO (meq/100 g)	4.7	4.4	5.3	5.9
MAGNESIO (meq/100 g)	0.2	0.6	0.1	0.3
FOSFORO (ppm)	53.4	35.8	34.3	no disponible

FUENTE: SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto), 1983.

### Investigación de Campo del Suelo

Aunque no se llevaron a cabo estudios de suelo en el sitio de la planta de compostaje, mediante pláticas con personal de la DGSU y una observación visual se concluyó que el tipo de suelo es similar al de la Etapa IV, que es el sitio de relleno más cercano.

El equipo de JICA realizó perforaciones y análisis de suelo en la Etapa IV. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro. La ubicación de las perforaciones se ilustran en la Figura 2-11.

Cuadro 2-18: Características del Suelo en la Etapa IV

Ubicación	SM-7		SM-8		
	8.0-9.0m	15.0-16.0m	16.0-17.0m	32.0-33.0m	42.0-43.0m
Características					
Tipo de suelo (observación visual)	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Arcilla
Gravedad específica	2.48	2.632	2.52	2.54	2.54
Peso unitario (ton/m <sup>3</sup> )	1.13	1.26	1.18	1.18	1.67
Coefficiente de huecos	4.037	5.139	10.399	6.28	4.837
Grado de saturación (%)	102.996	97.7	102.1	100	98.6
Contenido de agua (%)	167.7	238	421.3	247.7	187.2
Límite de fluidez (%)	256	158.3	365.3	270	169.4
Límite de plasticidad (%)	126.7	35	175.9	94.7	76.8
Índice de plasticidad (%)	129.3	112.6	189.4	175.3	92.6
C tri-axial sin drenar (ton/m <sup>2</sup> )	0.3	0.2	1.4	0.9	1.1
Ángulo de fricción interno (grados)	2	9	4	0	11
Compresión simple (ton/m <sup>2</sup> )	0	2.3	2.03	1.73	8.4
Valor N	0	0	0	0	0
Consolidación (Índice de compresión)	1.456	3.825	6.395	5.033	3.392

De igual manera, se entiende que el tipo de suelo del área es principalmente arcilla, la cual se extiende hasta una profundidad mínima de 50 m. Esta formación arcillosa muestra un contenido de agua bastante importante. Por lo tanto, se considera que el estrato es suave y compresible.

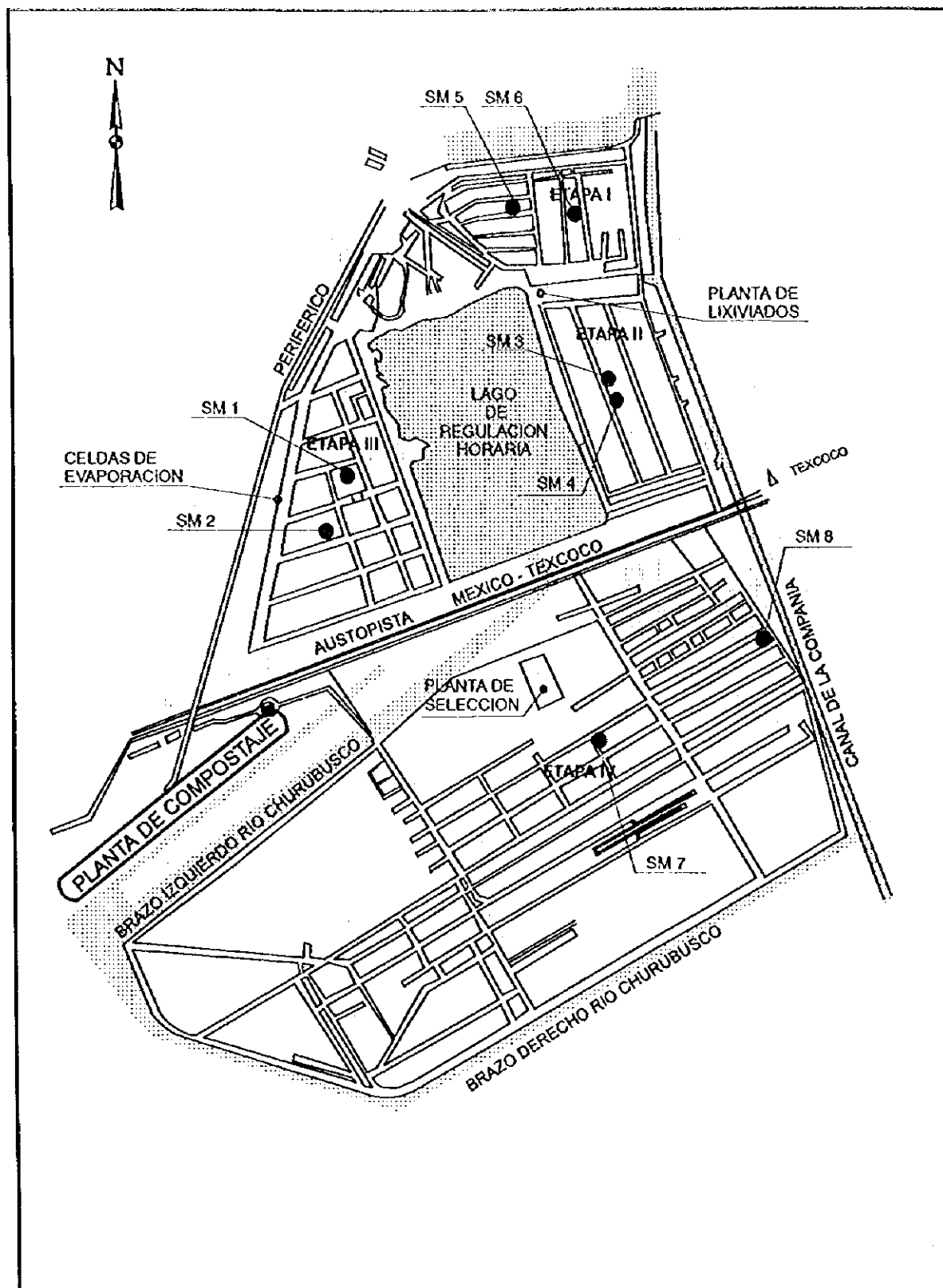


Figura 2-11:

Ubicación de las Muestras  
de Suelo

● Perforación

**KOKUSAI KOGYO Co., Ltd.**

### Calidad del Suelo

Se realizaron muestras de suelo en el sitio del proyecto de relleno Etapa V durante diciembre de 1998, y se analizó la concentración de algunos contaminantes. Los resultados se muestran a continuación. Los puntos de muestreo están justamente detrás de dichas perforaciones, que se ilustran en la Figura 2-12.

Cuadro 2-19: Resultados del Análisis del Muestreo de Suelo Superficial

Sitio	CN	Cd	Cu	Pb	Cr(VI)	Hg	As	Total P
SM-1 (mg/kg)	n.d.	n.d.	7.019	27.188	n.d.	0.005	n.d.	139.250
SM-2 (mg/kg)	n.d.	n.d.	12.054	58.881	n.d.	0.001	n.d.	135.180
SM-3 (mg/kg)	n.d.	n.d.	9.053	40.516	n.d.	0.002	n.d.	213.860
SM-4 (mg/kg)	n.d.	n.d.	n.d.	25.462	n.d.	0.001	n.d.	190.490
SM-5 (mg/kg)	n.d.	n.d.	n.d.	28.437	n.d.	0.006	n.d.	376.350
Estándar A (mg/kg)	-	9	-	600	-	3	50	-
Estándar B (mg/l)	No debe detectarse		125		0.05		No debe detectarse	No debe detectarse*

**Notas:**

n.d.: no se detectó.

Estándar A: Valores guía en Japón como umbral para iniciar medidas preventivas.

Estándar B: Estándares ambientales de Japón que cualquier tipo de suelo debe cumplir, y expresados como mg por litro de agua que se añade a la muestra de suelo.

\* Sólo se aplica al fósforo volcánico.

El cuadro muestra los valores de regulación utilizados en Japón para propósitos de comparación. Para los parámetros no incluidos en el Estándar A, el Estándar B es sólo de referencia.

Se concluye de este cuadro que todos los valores de los metales pesados son suficientemente bajos. Respecto al fósforo, el valor que se mide es fósforo total, y es improbable que éste contenga fósforo orgánico.

Los puntos de muestreo se encuentran a cierta distancia del sitio del proyecto. Sin embargo, se utilizarán las cifras del cuadro como valores de referencia para investigaciones futuras en el sitio del proyecto, para determinar la posibilidad de contaminación por parte del mismo.

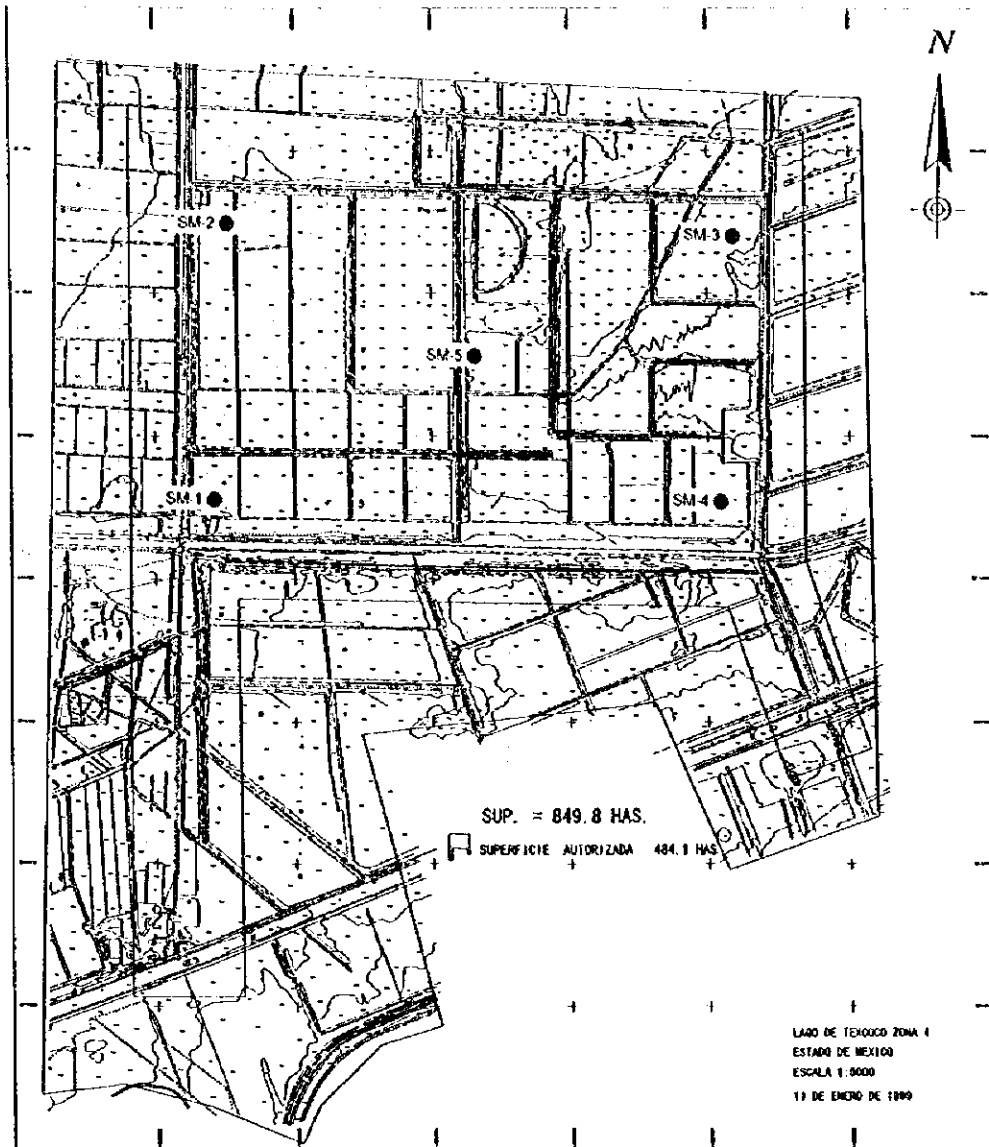


Figura 2-12: Localización de los Puntos de Muestreo de Suelo en la Etapa V

#### 2.1.5.10 Salinidad del antiguo Lago de Texcoco

Existen diversas teorías para explicar la salinidad del antiguo Lago de Texcoco, una de ellas propuesta por Aguayo en 1989, explica que la alta concentración salina debe su origen a procesos hidrotermales, debido a que en la zona distensiva donde se encuentra, se localizan manantiales termales como los de Pathé, Tecozautla y otros en el Estado de Hidalgo.

Otra de las teorías, la más aceptada, es la que explica la gran concentración salina como consecuencia de la evaporación de grandes volúmenes de agua, al ocurrir prolongados regímenes de sequía, o bien debido a una circulación restringida en el área. Por otra parte, la erosión y transporte de sales provenientes del volcán sepultado de Huatepec, al nor-occidente del antiguo Lago de Texcoco, pudo contribuir a la salinidad, así como la influencia de zonas volcánicas y emanaciones gaseosas que impregnaron las rocas en el subsuelo.

La salinidad del antiguo Lago de Texcoco es tan alta, que excede al doble la salinidad del agua de mar, lo cual fue aprovechado por la Compañía Sosa Texcoco, que extrajo agua subterránea altamente mineralizada (salmuera) con un alto contenido de bicarbonatos, carbonatos y cloruro de sodio, con objeto de su aprovechamiento industrial para la obtención de hidróxido de sodio (sosa).

### 2.1.5.11 Hidrología superficial

#### Ríos y Canales

En sentido general, existe una gran variación de la hidrología de la Cuenca del Valle de México, a pesar de su área reducida comparada con otras cuencas del país; es decir, existe una gran diversidad en las diferentes corrientes que se forman en la cuenca, debido a las variaciones climatológicas y en las características geológicas y orográficas, causas que originan fuertes pendientes de los cauces y reducidas áreas de captación de las subcuencas que la integran. Debido a las anteriores características físicas, casi todas las corrientes del Valle son torrenciales con régimen intermitente, por lo cual los ríos generalmente sólo llevan agua durante la temporada de lluvias y permanecen secos en el resto del año. Así, se presentan fuertes avenidas que constituyen un problema para las zonas que atraviesan, ya que sus cauces son insuficientes para conducirlos por estar azolvados u obstruidos. Afortunadamente, esta condición está siendo resuelta con diferentes obras hidráulicas.

El antiguo Lago de Texcoco queda comprendido en la Región Hidrológica "Alto Pánuco" (No. 26), una de las regiones hidrológicas más importantes de la República Mexicana, tanto por el volumen de sus corrientes superficiales, que la sitúan dentro de las cinco más grandes del País, como por su superficie.

Tiene como subcuencas intermedias: Río Prieto (26DF), Arroyo Zarco (26DG); Río Tula (26DJ); Río Rosas (26DK); Río Tlautla (26DL); Río El Salto (26DM); Tepetzotlán (26DO), Lagos Texcoco y Zumpango (26DP); Río Salado (26DQ); Río Tezontepec (26DT) y Lagos Tocha y Tecumulco.

Varios canales fluyen hacia el área del ex lago de Texcoco. Aunque se les conoce como ríos, es más apropiado llamarlos canales. Su función es la de un alcantarillado abierto que recibe las aguas residuales de las áreas domésticas del DF y de algunos municipios del Estado de México, además de recolectar agua de precipitación. Por esta razón, se observa que dichos ríos y canales representan una molestia para los residentes, quienes están expuestos a los olores desagradables.

Del noreste, el río San Juan Teotihuacán, Papalotla, Xalapango y Coxacoaco; del este, el río Texcoco, Chapingo, San Bernardino, Santa Mónica y Coatepec; y del sur, el río San Francisco, Churubusco y el río de la Compañía. En términos del volumen de flujo, Río Churubusco y el río de la Compañía son los que más aportan al área, con un flujo de 10.0 y 4.2 m<sup>3</sup>/seg. en promedio<sup>2</sup>, mientras que el volumen total de flujo de los otros ríos es de únicamente 0.4 m<sup>3</sup>/seg. y que puede alcanzar casi cero durante la época seca. En la Figura 2-13 se muestra la ubicación de los ríos.

<sup>2</sup> Datos del Proyecto de Texcoco

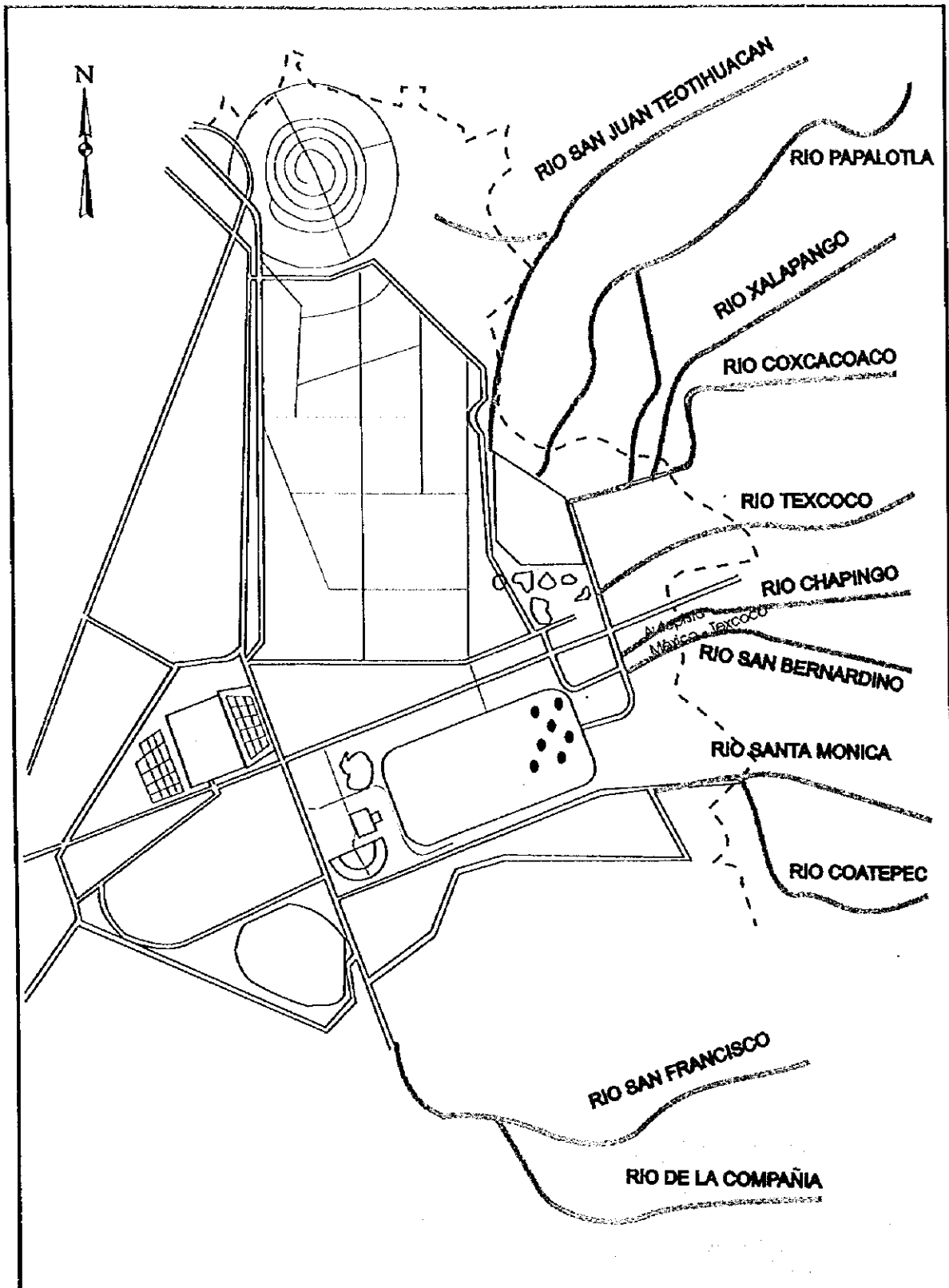


Figura 2-13:  
Ubicación de los Ríos

Río

KOKUSAI KOGYO Co., Ltd.



El agua que fluye de estos ríos se dirige parcialmente a varios cuerpos de agua artificiales, principalmente el lago Churubusco, el lago de Regulación, lago Xolapango y lago Nabor Carrillo e instalaciones para tratamiento de agua. El resto del agua y un poco de estos depósitos fluyen a través de la red del canal y sobre la periferia del área del antiguo Lago de Texcoco. En la red del canal, el *Brazo Izquierdo Río Churubusco* debe considerarse con mucha atención, ya que fluye hacia el límite noroeste de la planta de compostaje.

En general, el agua en el área encuentra salida hacia el *Canal de Desagüe* o *Canal de las Sales*, ambos fluyendo de sur a norte sobre el bordo oeste del área del antiguo Lago de Texcoco. Éstos forman el *Gran Canal* en el norte del *Caracol*, y el Gran Canal corre hacia el lago de Zumpango y más hacia el norte.

### **Cuerpos de Agua**

Tal y como se mencionó anteriormente, existen cuatro cuerpos de agua principales en el área: lago Churubusco, Laguna de Regulación Horaria, lago Xolapango y lago Nabor Carrillo. Todos estos son el resultado del proyecto de Texcoco a inicios de la década de los 80 para controlar la hidrología superficial del área. Además de sus propósitos hidrológicos, son también importantes como receptores de aves migratorias durante el invierno.

El Lago Nabor Carrillo, con una superficie de embalse de 1000 has, y una capacidad de almacenamiento de 36 millones de m<sup>3</sup> en donde principalmente se almacenan aguas tratadas, así como los escurrimientos de aguas pluviales de los ríos del oriente, que son captadas y conducidas hacia el Lago de Texcoco mediante un canal colector.

El Lago Churubusco con una superficie de embalse de 267 hectáreas y 5 millones de m<sup>3</sup> de capacidad, se formó mediante el proceso de consolidación de las arcillas provocadas por la extracción del agua del subsuelo. También almacena aguas tratadas principalmente, además de la precipitación del Río Compañía.

El Lago de Regulación Horaria se construyó en un lapso de dos años, excavando con una draga de succión 4.5 millones de m<sup>3</sup> en una superficie de 150 hectáreas. Hacia este lago fluye aguas negras no tratadas, junto con agua del Brazo Derecho del Río Churubusco.

Estos dos lagos permiten regular las crecientes del Río Churubusco, que drena la zona sur del área Metropolitana de la Ciudad de México, y cuyos escurrimientos ya controlados se incorporan al Dren General del Valle para su descarga hacia el Gran Canal de Desagüe.

El Lago Xalapango, con una superficie de 240ha y una capacidad de 3.6m<sup>3</sup>, recibe aguas residuales domésticas y agua de lluvias de los ríos que provienen de la parte oriental del área del antiguo Lago de Texcoco.

### **Calidad de Agua Superficial**

Se tomaron muestras de agua de los canales que fluyen entre el sitio del proyecto de relleno Etapa V. El siguiente cuadro muestra los resultados, seguidos por una figura que indica los sitios de muestreo.

Cuadro 2-20: Resultados del Análisis del Muestreo de Agua Superficial

Sitio	pH	Cl mg/l	Total P mg/l	Total N mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l
Sitio 1	9.33	1,509.00	2.640	n.d.	25.00	398.00
Sitio 2	8.96	2,386.00	1.050	n.d.	6.20	311.00

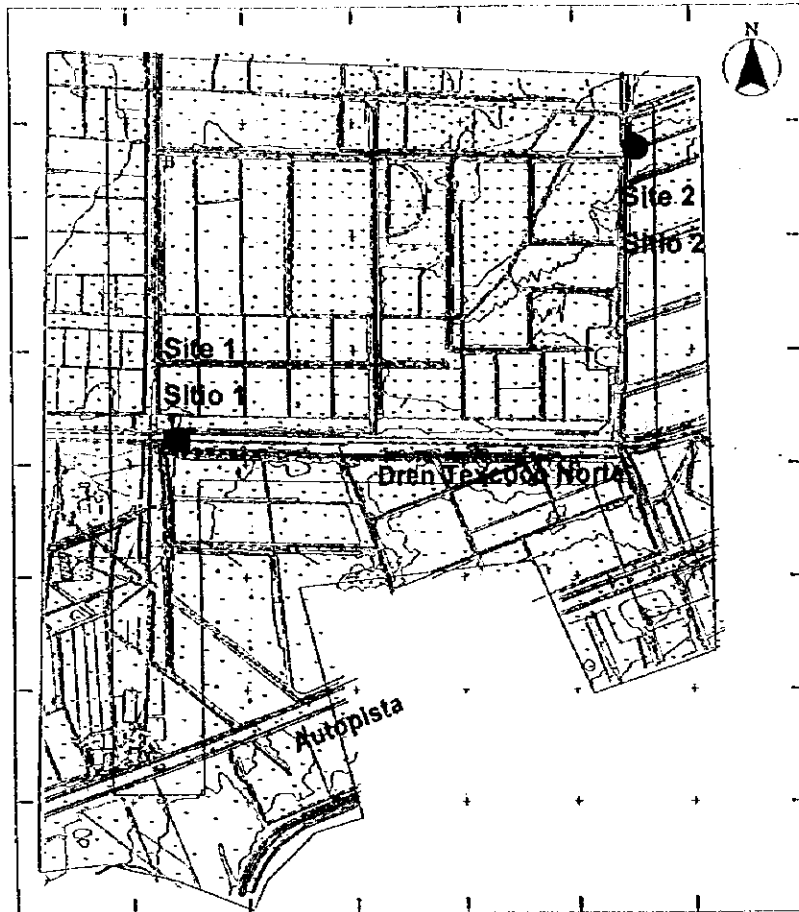


Figura 2-14: Puntos de Muestreo de Agua Superficial

La característica sobresaliente valores altos de la DQO y la gran diferencia entre la DQO y la DBO, que sugiere la gran concentración de materia orgánica que resiste la descomposición biológica. Se sospecha la entrada artificial de este material orgánico a lo largo del canal, aunque no ha sido identificado.

Los puntos de muestreo se encuentran a cierta distancia del sitio del proyecto. Sin embargo, se utilizarán las cifras del cuadro como valores de referencia para investigaciones futuras en el sitio del proyecto, para determinar la posibilidad de contaminación por parte del mismo.

## 2.1.5.12 Hidrología Subterránea

### Depósitos Lacustres

La parte superior (depósitos lacustres) del sistema hidrogeológico, está constituida por un acuitardo conformado por material de origen lacustre, formado por arcilla, lentes arena-limo, vidrio volcánico y grava escasa, aparentemente con diferentes grados de compactación. El estrato tiene una profundidad de más de 50m, de acuerdo con la investigación de campo del equipo de JICA, y de 40 a 90m de acuerdo con Moro S.A. de C.V. (1992).

Este estrato ha sido dividido por Marzal y Mazari (1969) en: Manto Superior, Formación Arcillosa Superior, Capa Dura, Formación Arcillosa Inferior y Depósitos Profundos. De acuerdo a estudios complementarios realizados por Murillo (1978), Morales (1991) y Torres (1992), se definió una segunda capa dura entre la Formación Arcillosa Inferior y los Depósitos Profundos. (vee sección 2.1.5.4)

La geometría de las capas descritas es semihorizontal con pendiente suave hacia el Sur. En la zona de sosa Texcoco y aproximadamente a 3 Km de El Caracol en la misma dirección aumenta considerablemente su inclinación.

Los límites para todo el paquete lacustre son: lateralmente hacia el este el Cerro Chimalihuache, donde los materiales lacustres se acuñan; hacia el Oeste el paquete se acuña en dirección al Peñón de los Baños y hacia el Norte y Sur del área nos e observa un límite dentro de la zona de estudio, ya que la planicie lacustre se extiende fuera de ella. Su límite inferior lo constituye el techo del acuífero principal, a una profundidad de 90 m.

En 1989 Rudolph empleando las divisiones establecidas para los sedimentos lacustres superiores, realizó una interpretación hidrogeológica, en la que define que las formaciones arcillosas superior e inferior y los depósitos profundos, funcionan como acuitardos y a su vez confinantes de las capas duras, consideradas como acuíferos. Abajo de dichas capas definió el acuífero en depósitos aluviales

Los parámetros hidráulicos obtenidos por Rudolph se indican a continuación:

Cuadro 2-21: Parámetros Hidráulicos (Rudolph)

UNIDAD	PERMEABILIDAD K (m/seg)	COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (Ss)
Acuitardo 1	$5.0 \times 10^{-9}$	0.05
Acuífero 1	$8.0 \times 10^{-5}$	0.002
Acuitardo 2	$5.0 \times 10^{-9}$	0.05
Acuífero 2	$1.0 \times 10^{-4}$	0.001

En la Figura 2-15 se muestra la sección estratigráfica del sistema acuífero del antiguo Lago de Texcoco (Rudolph, 1989).

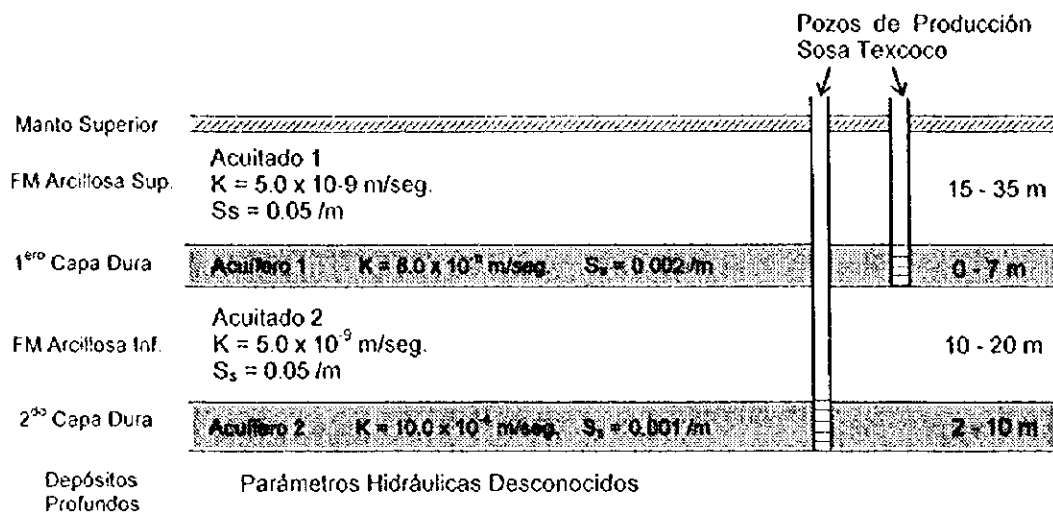


Figura 2-15: Sección Estratigráfica del Sistema Acuífero del antiguo Lago de Texcoco

Por otra parte, Zacaula (1977) y Arias (1990), obtienen otros parámetros hidráulicos para las mismas capas, los cuales se mencionan a continuación:

Cuadro 2-22: Parámetros hidráulicos (Zacaula y Arias)

UNIDAD	PERMEABILIDAD K (m/seg)	COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (Ss)
Acuitado 1	$7.0 \times 10^{-9}$	0.9
Acuífero 1	$8.0 \times 10^{-5}$	0.006
Acuitado 2	$5.5 \times 10^{-9}$	0.8
Acuífero 2	$1.0 \times 10^{-4}$	0.006

Los valores de los diferentes autores son muy parecidos y como era de esperarse, se observa que los valores de permeabilidad son más altos para los acuíferos. El coeficiente de almacenamiento se incrementa en las capas arcillosas que conforman acuitardos.

El agua (que se le conoce como "agua freática superficial") en esta formación geológica arcillosa conocida como acuitardo es tan salada que se llevaba a cabo una intensa actividad para producción de sal en esa área. La alcalinidad también es alta. Rudolph, *et al.* (1989) reportaron una cifra de 80,500 ppm y Moro, S.A. de C.V. (1992) 90,000 ppm. Debido al alto contenido de sal de esta agua freática, no se utiliza para consumo humano.

De las capas duras mencionadas Sosa Texcoco extrajo salmuera con alta concentración de sustancias alcalinas, hasta de 90,000 partes por millón de alcalinidad total expresada como carbonato de sodio.

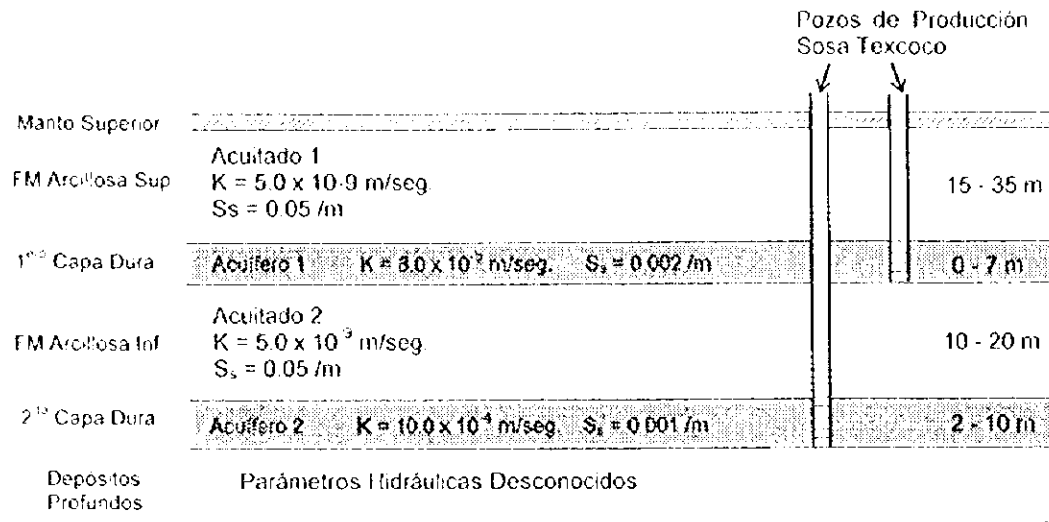


Figura 2-15: Sección Estratigráfica del Sistema Acuífero del antiguo Lago de Texcoco

Por otra parte, Zacuala (1977) y Arias (1990), obtienen otros parámetros hidráulicos para las mismas capas, los cuales se mencionan a continuación:

Cuadro 2-22: Parámetros hidráulicos (Zacuala y Arias)

UNIDAD	PERMEABILIDAD K (m/seg)	COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (Ss)
Acuitado 1	$7.0 \times 10^{-9}$	0.9
Acuífero 1	$8.0 \times 10^{-5}$	0.006
Acuitado 2	$5.5 \times 10^{-9}$	0.8
Acuífero 2	$1.0 \times 10^{-4}$	0.006

Los valores de los diferentes autores son muy parecidos y como era de esperarse, se observa que los valores de permeabilidad son más altos para los acuíferos. El coeficiente de almacenamiento se incrementa en las capas arcillosas que conforman acuitardos.

El agua (que se le conoce como "agua freática superficial") en esta formación geológica arcillosa conocida como acuitardo es tan salada que se llevaba a cabo una intensa actividad para producción de sal en esa área. La alcalinidad también es alta. Rudolph, *et al.* (1989) reportaron una cifra de 80,500 ppm y Moro, S.A. de C.V. (1992) 90,000 ppm. Debido al alto contenido de sal de esta agua freática, no se utiliza para consumo humano.

De las capas duras mencionadas Sosa Texcoco extrajo salmuera con alta concentración de sustancias alcalinas, hasta de 90,000 partes por millón de alcalinidad total expresada como carbonato de sodio.

### Permeabilidad en los Rellenos de Bordo Poniente

Aunque no se midió la permeabilidad en el sitio del proyecto, los valores de los rellenos Bordo Poniente Etapas I, II y III will servirán como referencia. Los resultados se muestran abajo. La ubicación de las muestras se encuentra en Figura 2-11.

Cuadro 2-23: Permeabilidad en las Etapas I, II y III

	N° de Perforación	profundidad (m)	Permeabilidad (cm/seg)
Etapa I	SM-5	14.00 a 17.10	4.45E-05
	SM-5	17.00 a 20.00	2.77E-05
	SM-6	14.00 a 17.00	4.44E-05
	SM-6	17.00 a 20.00	1.37E-05
Etapa II	SM-3	14.00 a 17.00	2.06E-05
	SM-3	17.00 a 20.00	9.85E-06
	SM-4	14.00 a 17.00	2.41E-05
	SM-4	17.00 a 20.10	2.62E-05
Etapa III	SM-1	13.85 a 17.20	3.71E-05
	SM-1	16.85 a 20.00	1.90E-05
	SM-2	14.00 a 17.00	3.19E-05
	SM-2	17.00 a 20.00	1.39E-05

### Acuífero Profundo

Los materiales que conforman al acuífero, son de origen aluvial, volcánico y volcanoclástico, compuestos por arenas, gravas y limos con horizontes arcillosos. Estos materiales han sido asignados a la Formación Tarango (Mooser, 1975), la que se considera que es derivada de los abanicos aluviales coalescentes y de las emisiones volcánicas de las grandes sierras circundantes.

La unidad en la zona, tiene espesores variables de 100 a 400 m, de éstos, el mayor espesor se localiza en el centro de la zona federal del antiguo Lago de Texcoco y disminuye hacia el Norte de la zona, en el área de interés al desarrollo de este proyecto, en el área de El Caracol; hacia el sudeste se interdigita con los materiales volcánicos derivados del cerro Chimalihuache, al Oeste y Sur se continúa indefinidamente, aunque en parte se interdigita también con los materiales derivados del Peñón de los Baños.

Por otra parte, el límite Noroeste lo conforma la sierra de Guadalupe y el inferior se considera a una secuencia de tobas y margas, inferidas por geofísica.

La permeabilidad de los materiales es inferida de manera cualitativa como de baja a media, pues en la zona no se cuenta con pruebas de permeabilidad realizadas a más de 80 m de profundidad (DGCOH, 1992).

Con respecto al flujo regional, estudios en la zona del antiguo Lago de Texcoco, han determinado que el flujo de aguas subterráneas es radial convergente hacia la parte central del área (Ortega, 1989, DDF, 1990 y Arias, 1990).

Por otra parte, la Gerencia de Aguas del Valle de México (1990) realizó otra configuración para el flujo del agua en este acuífero, en ella se observa que del camino Peñón-Texcoco hacia la zona de El Caracol, existe un alto hidráulico del cual existen flujos divergentes en todas direcciones; al Este de El Caracol existe un bajo hidráulico en el cual se concentran los

### Permeabilidad en los Rellenos de Bordo Poniente

Aunque no se midió la permeabilidad en el sitio del proyecto, los valores de los rellenos Bordo Poniente Etapas I, II y III will servirán como referencia. Los resultados se muestran abajo. La ubicación de las muestras se encuentra en Figura 2-11.

Cuadro 2-23: Permeabilidad en las Etapas I, II y III

	Nº de Perforación	profundidad (m)	Permeabilidad (cm/seg)
Etapa I	SM-5	14.00 a 17.10	4.45E-05
	SM-5	17.00 a 20.00	2.77E-05
	SM-6	14.00 a 17.00	4.44E-05
	SM-6	17.00 a 20.00	1.37E-05
Etapa II	SM-3	14.00 a 17.00	2.06E-05
	SM-3	17.00 a 20.00	9.85E-06
	SM-4	14.00 a 17.00	2.41E-05
	SM-4	17.00 a 20.10	2.62E-05
Etapa III	SM-1	13.85 a 17.20	3.71E-05
	SM-1	16.85 a 20.00	1.90E-05
	SM-2	14.00 a 17.00	3.19E-05
	SM-2	17.00 a 20.00	1.39E-05

### Acuífero Profundo

Los materiales que conforman al acuífero, son de origen aluvial, volcánico y volcanoclástico, compuestos por arenas, gravas y limos con horizontes arcillosos. Estos materiales han sido asignados a la Formación Tarango (Mooser, 1975), la que se considera que es derivada de los abanicos aluviales coalescentes y de las emisiones volcánicas de las grandes sierras circundantes.

La unidad en la zona, tiene espesores variables de 100 a 400 m. de éstos, el mayor espesor se localiza en el centro de la zona federal del antiguo Lago de Texcoco y disminuye hacia el Norte de la zona, en el área de interés al desarrollo de este proyecto, en el área de El Caracol; hacia el sudeste se interdigita con los materiales volcánicos derivados del cerro Chimalihuaque, al Oeste y Sur se continúa indefinidamente, aunque en parte se interdigita también con los materiales derivados del Peñón de los Baños.

Por otra parte, el límite Noroeste lo conforma la sierra de Guadalupe y el inferior se considera a una secuencia de tobas y margas, inferidas por geofísica.

La permeabilidad de los materiales es inferida de manera cualitativa como de baja a media, pues en la zona no se cuenta con pruebas de permeabilidad realizadas a más de 80 m de profundidad (DGC0H, 1992).

Con respecto al flujo regional, estudios en la zona del antiguo Lago de Texcoco, han determinado que el flujo de aguas subterráneas es radial convergente hacia la parte central del área (Ortega, 1989, DDF, 1990 y Arias, 1990).

Por otra parte, la Gerencia de Aguas del Valle de México (1990) realizó otra configuración para el flujo del agua en este acuífero, en ella se observa que del camino Peñón- Texcoco hazza la zona de El Caracol, existe un alto hidráulico del cual existen flujos divergentes en todas direcciones; al Este de El Caracol existe un bajo hidráulico en el cual se concentran los

flujos del agua. Al oeste del cerro Chimalihuache se detectó otro bajo con concentración de flujo. De este sitio se inicia el movimiento con dirección al Sudoeste.

Este acuífero se extiende no únicamente al área del antiguo Lago de Texcoco sino también a una buena parte del valle de México. El acuífero, principalmente en la parte sur, es el que se ha explotado durante años principalmente para uso público e industrial en la Ciudad de México, aunque ahora hay restricciones para extraer agua freática, debido al hundimiento del suelo causado por la sobreexplotación.

La información de los pozos, obtenida de diferentes Dependencias Gubernamentales se indica a continuación:

Cuadro 2-24: Información de los Pozos. Comisión del Lago de Texcoco

POZO	PROFUNDIDAD TOTAL (m)	N.E. (m)	N.D. (m)	FECHA DE MEDICION
CL-1	200	16.80		1982
		18.90		1983
		20.23		1984
CL-3	200	19.39		1982
		19.61		1983
		20.80		1984
CL-4	200	18.26		1982
		19.18		1983
		20.19		1984

Notas: N.E.: Nivel estático  
N.E.: Nivel dinámico

Cuadro 2-25: Información de los Pozos. Gerencia de aguas del Valle de México

POZO	PROFUNDIDAD TOTAL (m)	N.E. (m)	N.D. (m)	CAUDAL (lps)	FECHA DE MEDICION
P-6 bis	200				
P-37	282	27.60	28.30	18.20	1987
VC-1	126				
TXS-3	162	2.30	24.80		1957
CH-3	88				
CH-5	64				
TXN-2	106	12.60	16.60	90.0	1979
TXN-3	162	2.30	24.80	105.0	1979
TXN-4	115.5	11.80	17.40	84.0	1979
VCH-1	115	14.35	20.24	57.9	1979
VCH-2	130	13.50	19.10		
VCH-4	82.5				
SCE-4	207				
GC-1	257				
GC-2	193	2.20	30.15	75.0	1957
GC-3	321	1.95	19.00	80.0	1958
P-11	400	21.0	58.00	148	1985
		22.50			1987
P-12	392	22.11			1987
P-13	400	22.03			1992
		28.00			1992
P-14	402	22.60			1987
		28.00			1992
PP-1	2,065	7.00			1967
		19.70			1983
		21.10			1984
		28.96			1992



PP-3	589	5.96			1967
		19.40			1983
		21.37			1984
		28.05			1992
PA-1	151.95				1985
PA-2	299	6.88			1967
		22.80			1985
PA-3	302.5	7.32			1967
		21.66			1984
PRA-2	200				1988
P-1 bis	404	28.86	40.22		1988
P-1	250	11.60	33.30	140.0	1979
		17.24			1982
		21.55			1984
P-2	250	19.78	40.25	192.0	1982
P-3	250	2.9	42.00		1982

Cuadro 2-26: Información de los pozos. Comisión Estatal de aguas y saneamiento

POZO	PROFUNDIDAD TOTAL (m)	N.E. (m)	N.D. (m)	CAUDAL (lps)	FECHA DE MEDICION
P-305TX			34.40		1992
P-306TX	250		35.80		1992
P-323TX	186	25.00	28.00	120.0	1987
			40.70		1992
P-324TX	175	32.41	37.68		1987
P-326TX	204	22.25	25.60	132.57	1987
			31.50		1992
P-327TX	200	27.60	28.30	182	1987
P-329TX	250	22.61	27.18	159	1987
P-330TX	250	23.89	34.65	152	1987
			35.00		1992
P-334TX	120	37.88	41.11	143.72	1987
			46.60		1992

En la Figura 2-16 se puede apreciar la ubicación de los pozos.

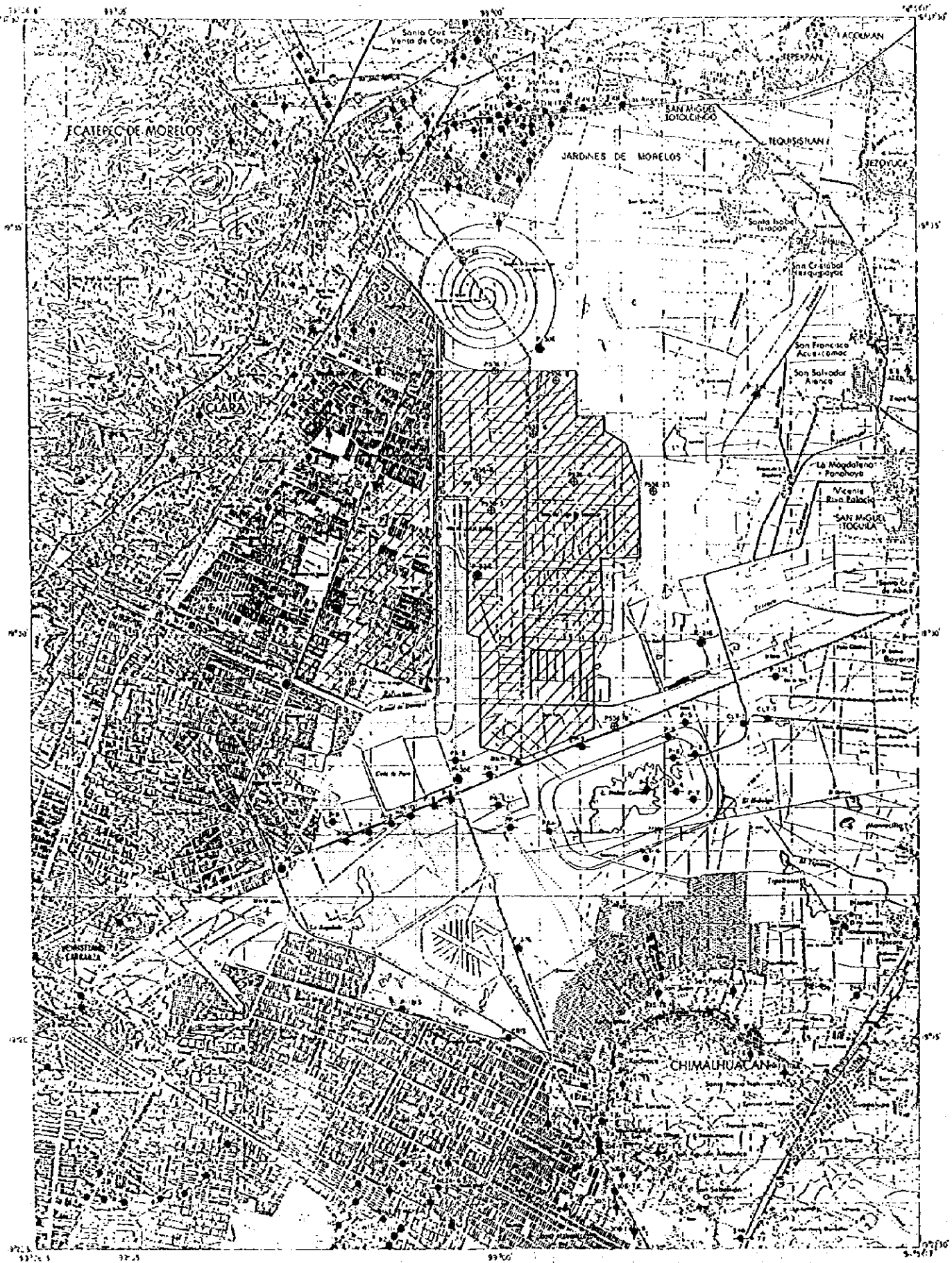
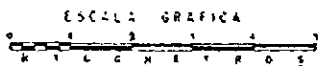


Figura 2-16: Ubicación de los Pozos



### Calidad del agua subterránea

La calidad del agua en los dos acuíferos localizados en la capa dura que se explotaron en el área de interés por Sosa Texcoco, es de una alta concentración de sustancias alcalinas que pueden llegar a 90,000 ppm de alcalinidad total (expresada como carbonato de sodio); además se reporta una concentración salina de 29.5 g/l y 87 g/l de cloruro de sodio y carbonato de sodio respectivamente.

Rudolph en 1989 obtiene las siguientes concentraciones de iones en la zona

Cuadro 2-27: Concentraciones de iones

PARAMETRO	CONCENTRACION mg/l
Cloruros	47,730
Sulfatos	30
Sodio	51,840
Magnesio	1.33

Por otra parte, análisis de salmueras entregadas al laboratorio de Sosa Texcoco el 25 de agosto de 1992, dieron los siguientes resultados:

Cuadro 2-28: Análisis de aguas

POZO PILOTO NO.	ALCALINIDAD TOTAL (g/100 ml)	CLORUROS (NaCl) (%)
1	7.50	7.80
2	1.90	2.20
3	0.90	2.10
4	3.65	4.30
5	3.20	3.20
6	3.20	3.20

Además, el equipo de JICA realizó el análisis de calidad del agua freática en el sitio destinado para el proyecto. En la Figura 2-12 se muestra la ubicación de la perforación. Los resultados se presentan en el siguiente Cuadro.

Cuadro 2-29: Resultados del Análisis de Muestras del Agua Freática

Sitio y profundidad	pH	Cl mg/l	Total P mg/l	Total N (Kjeldhal) mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l
SM-1	1.5 m	8.79	10,716.00	38.300	3.50	698.40
	10 m	9.67	23,046.00	34.950	25.00	4,531.00
SM-2	1.5 m	9.13	10,763.00	34.500	8.70	737.20
	10 m	9.70	33,340.50	6.300	12.20	1,629.00
SM-3	3 m	9.57	14,389.00	57.640	3.10	768.00
	10 m	9.52	23,631.00	38.300	24.00	2,381.00
SM-4	1.5 m	9.21	12,400.00	41.130	20.00	730.00
	10 m	9.57	21,993.00	58.110	36.00	2,381.00

\* El resultado de DBO es menor de 40 mg/l

\*\* El resultado de DBO es menor de 13 mg/l

Como se observa en el cuadro, todos los parámetros son altos, particularmente el cloro, nitrógeno, la DBO y la DQO en la parte más profunda. Se sospecha la descomposición de una gran cantidad de plantas durante el proceso de desecación del Lago Texcoco y la intervención humana, aunque no se ha identificado.

Los puntos de muestreo se encuentran a cierta distancia del sitio del proyecto. Sin embargo, se utilizarán las cifras del cuadro como valores de referencia para investigaciones futuras en el sitio del proyecto, para determinar la posibilidad de contaminación por parte del mismo.

## **2.1.6 Flora y Fauna**

### **2.1.6.1 Flora**

#### **Tipo de Vegetación de la Zona**

El área de estudio se presenta en la Figura 2-17; el terreno se encuentra dividido físicamente por una serie de bordos construidos por la CNA con la finalidad de regular las escorrentías de la época de lluvias. Estos bordos han creado una división física del terreno en tres grandes zonas la primera comprendida desde el extremo norte del terreno hasta el camino transversal a la altura de la caseta de cobro, la zona dos comprendida desde el bordo que corre de manera longitudinal hacia el canal de desagüe y el acceso a los rellenos sanitarios y la zona tres comprendida a la izquierda de este bordo hacia la carretera de cuota a Texcoco.

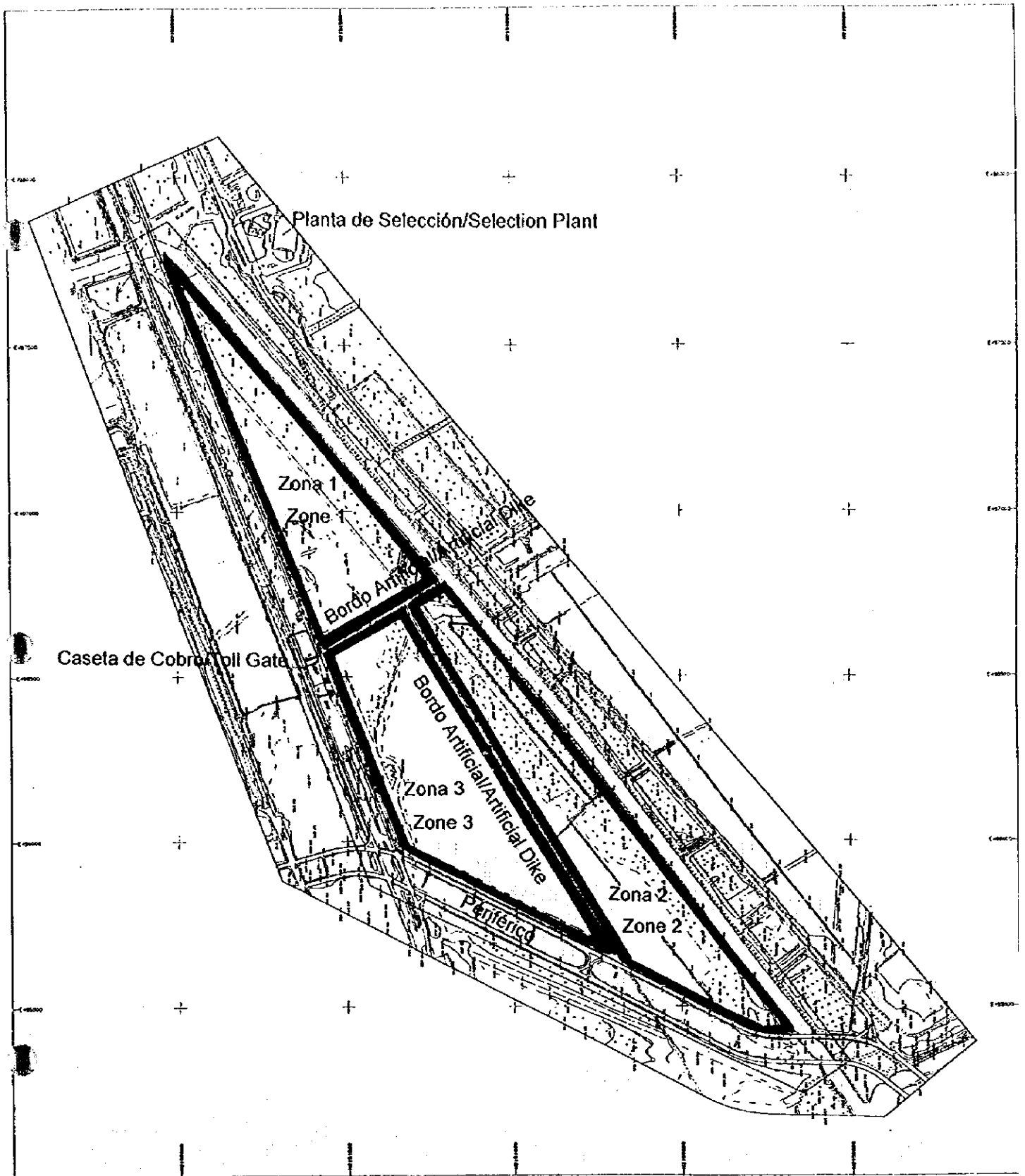


Figura 2-17: Area de Estudio de Flora y Fauna

En estas tres zonas se pueden distinguir varias comunidades vegetales, unas terrestres y otras acuáticas o hidrófilas cuando estas últimas se encuentran en terrenos muy húmedos o inundados; en la zona uno es donde se puede apreciar una cubierta vegetal misma que mantiene un porcentaje grande de suelo protegido y una mínima parte de suelo inundado; la zona dos está en su mayoría desprovista de vegetación ya que se trata de una zona inundable y la zona tres se encontraba al momento de realizar los recorridos de campo totalmente inundado con un espejo de agua mayor a los 90 cm. Cabe señalar que aunque existen estas divisiones en el terreno la cubierta vegetal en su totalidad se mantiene uniforme presentando especies arbustivas y rasantes exclusivamente.

Debido a que en esta zona existen condiciones ecológicas extremas que limitan el establecimiento de numerosas especies vegetales es importante señalar las diferencias entre las especies nativas de la región de las introducidas para su utilización como índices biológicos para las labores de manejo y recuperación de los recursos del área que se han estado aplicando en diferentes proyectos. Según lo observado existe una dominancia en todo el terreno de *Distichlis spicata* (zacate salado) asociado con *Argemone tenuifolia*, *Buteloua simplex*, *Cynodon dactylon*, *Hordeum jubatum* y *Sporobolus pyramidatus*.

En sitios circundantes a las zonas que presentan inundación, *Distichlis spicata* sigue siendo dominante estando mas asociada con *Echinochloa crusgalli*, *Chenopodium mexicanum* y *Polygonum sp.* También se pueden localizar pastizales de *Eragrostis obtusifolia*, la cual se presenta en pequeñas elevaciones o montículos y sólo en ocasiones se encuentra mezclada con *Distichlis spicata* de la que se diferencia en su hábitat porque no soporta ningún tipo de inundación y comunidades de *Suaeda nigra* la cual se establece en zonas donde se presentan altas concentraciones de sales principalmente cuando se secan las zonas inundadas y *Suaeda mexicana* la cual se encuentra en hábitats similares.

En las zonas inundadas se presentan pequeñas comunidades de vegetación acuática flotantes y arraigadas; entre las flotantes se encuentran *Eichhornia crassipes*, *Lemma gibba*, *Lemma minor* *Lemma valdiviana* y *Wolffia columbiana* y entre las arraigadas se pueden mencionar a *Scirpus lacustris*, *Scirpus pungens*, *Typha latifolia*, *Juncus balticus*, y *Echinochloa crusgalli*.

Como producto de los diferentes programas de uso de especies introducidas para la reforestación de la zona, podemos encontrar dentro del predio y principalmente en los sitios de los bordos varios ejemplares de *Casuarina esquisetifolia*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Fraxinus uhdei*, *Schinus molle*, *Populos alba*, *Tamarix juniperiana* entre otras.

Con base a lo anterior y como resultado de la fotointerpretación y los recorridos de campo se pudo dividir las tres zonas antes mencionadas de la siguiente forma:

Zona No.1.-Vegetación compuesta principalmente con especies arbustivas y herbáceas de *Distichlis spicata*, *Eragrostis obtusifolia*, *Chenopodium mexicanum*, *Cynodon dactylon*, *Hordeum jubatum*, *Echinochloa crusgalli*, *Chenopodium mexicanum*, *Aganippea bellidiflora*, *Lemma gibba*, *Eleocharis dombeyana*.

Zona No.2.- *Distichlis spicata*, *Sporobolus pyramidatus*, *Suaeda nigra*, *Suaeda mexicana*, *Polygonum sp.*, *Potamogeton pectinatus*, *Azolla caroliniana*.

Zona No.3.- *Distichlis spicata*, *Echinochloa crusgalli*, *Chenopodium mexicanum*, *Typha latifolia*, *Juncus balticus*, *Myriophyllum hipparoides*.

Bordo artificial.- *Casuarina esquisetifolia*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Fraxinus uhdei*, *Schinus molle*, *Populus alba*, *Tamarix juniperiana*

Revisando la bibliografía existente para la zona del vaso del ex lago de Texcoco, se presenta el siguiente listado florístico para la zona de estudio.

Cuadro 2-30: Listado de la Vegetación en la Zona de Estudio

FAMILIA Y ESPECIE	NOMBRE COMUN	OBSERVACIONES
<b>ARBOREAS</b>		
<b>Familia Betulaceae</b> <i>Alnus acuminata.</i>	Aile	Nativa
<b>Familia Casuarinaceae</b> <i>Casuarina esquisetifolia.</i>	Casuarina	Introducida
<b>Familia Cupresaceae</b> <i>Cupressus lindleyi.</i>	Cedro blanco	Nativa
<b>Familia Myrlaceae</b> <i>Eucalyptus camaldulensis.</i>	Eucalipto	Introducida
<b>Familia Oleaceae</b> <i>Fraxinus uhdei.</i>	Fresno	Introducida
<i>Ligustrum japonicum</i>	Trueno	Introducida
<b>Familia Salicaceae</b> <i>Populus alba.</i>	Chopo	Introducida
<i>Salix bonplandiana.</i>	Sauce	Nativa
<b>Familia Anacardiaceae</b> <i>Schinus molle</i>	Pirul	Introducida
<b>Familia Taxoidaceae</b> <i>Taxodium mucronatum</i>	Ahuehuete	Nativa
<b>SHRUB</b>		
<b>Familia Compositae</b> <i>Baccharis glutinosa</i>	Jarilla	Nativa
<b>Familia Loganiaceae</b> <i>Buddleia cordata</i>	Tepozán	Nativa
<b>Familia Leguminosae</b> <i>Mimosa biuncifera</i>	Uña de gato	Nativa
<b>Familia Solanaceae</b> <i>Nicotiana glauca</i>	Tabaquilla	Introducida
<b>Familia Gramineae</b> <i>Phragmites communis</i>	Carrizo	Introducida
<b>HARBACEOUS</b>		
<b>Familia Gramineae</b> <i>Agrostis semiverticillata</i>		Nativa
<i>Bouteloua simplex</i>		Nativa
<i>Cynodon dactylon</i>	pata de gallo	Introducida
<i>Distichlis spicata</i>	pasto salado	Nativa
<i>Echinochloa crusgalli</i>		Nativa
<i>Eleusine indica</i>		Introducida
<i>Eragrostis obtusifolia</i>	Zacahuistle	Nativa
<i>Hordeum jubatum</i>		Nativa
<i>Leptochloa dubia</i>		Nativa
<i>Panicum repens</i>		Nativa
<i>Sporobolus pyramidatus</i>		Introducida
<b>Familia Compositae</b> <i>Ambrosia peruviana</i>		Nativa

<i>Aster evilis</i>		Nativa
<i>Erigeron bonariensis</i>		Nativa
<i>Galinsoga parviflora</i>	Estrellita	Nativa
<i>Xanthocephalum humile</i>		Nativa
<i>Sanvitalia procumbens</i>		Nativa
<b>Familia Papaveraceae</b>		
<i>Argemone mexicana</i>	Chicalote	Nativa
<i>Argemone tenuifolia</i>		Nativa
<b>Familia Chenopodiaceae</b>		
<i>Chenopodium mexicanum</i>	Quelite	Nativa
<i>Suaeda nigra</i>	Romerillo	Nativa
<b>Familia Cyperaceae</b>		
<i>Cyperus sculentus</i>		Nativa
<b>Familia Polygonaceae</b>		
<i>Polygonum elongatus</i>	Chilillo	Nativa
<i>Rumex mexicanus</i>	Lengua de vaca	Nativa
<i>Setaria geniculata</i>		Nativa
<b>Familia Ranunculaceae</b>		
<i>Ranunculus cymbalaria</i>		Introducida
<b>Familia Cruciferae</b>		
<i>Raphanus raphanistrum</i>		Nativa
<b>Familia Solanaceae</b>		
<i>Solanum rostratum</i>	Duraznillo	Nativa
<b>Familia Leguminosae</b>		
<i>Trifolium amabile</i>	Trébol	Nativa
<b>AQUATICS</b>		
<b>Familia Compositae</b>		
<i>Aganippea bellidiflora</i>		Nativa
<b>Familia Pontederiaceae</b>		
<i>Fichornia crassipes</i>		Nativa
<b>Familia Umbellifera</b>		
<i>Hydrocotyle verticillata</i>		Nativa
<b>Familia Onagraceae</b>		
<i>Justiaea repens</i>		Nativa
<b>Familia Lemnaceae</b>		
<i>Lemna gibba</i>	Lentejilla	Nativa
<i>Lemna minor</i>	Lentejilla	Nativa
<i>Lemna valdiviana</i>	Lentejilla	Nativa
<b>Familia Nymphaeaceae</b>		
<i>Nymphaea sp.</i>	Cabeza de negro	Nativa
<b>Familia Cyperaceae</b>		
<i>Cyperus bourgaei</i>	Tule	Nativa
<i>Scirpus lacustris</i>	Tule	Nativa
<i>Scirpus pungens</i>	Tule	Nativa
<b>Familia Typhaceae</b>		
<i>Typha latifolia</i>	Tule	Nativa

### Especies de Interés Comercial

Tomando como referencia el historial de la zona así como los graves deterioros ambientales que ha sufrido a lo largo del tiempo, se puede mencionar que en el área en estudio no existen especies de interés comercial que actualmente se estén aprovechando; anteriormente se comercializaba la especie conocida como *Spirulina platensis* la cual era utilizada para obtener una base proteínica de alto valor como complemento nutricional conocida como Spirulina. Dentro del predio y específicamente en la zona inundada (zona 3) no se hizo presente esta especie.



## Vegetación Endémica y/o en Peligro de Extinción

La SEMARNAP ha implementado la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestre terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial que establece especificaciones para su protección. Dentro del área en estudio y conforme a las observaciones realizadas no se registraron especies endémicas o en peligro de extinción.

### 2.1.6.2 Fauna

#### Fauna Característica por Zona

La zona de estudio tiene una extensión de 85 hectáreas las cuales por sus condiciones de uso de la tierra y el rápido crecimiento urbano de la ciudad de México durante los últimos 30 años han provocado cambios en las condiciones naturales de los recursos hídricos, en la vegetación y el paisaje. Aunado a esto las modificaciones que ha sufrido el área por las vías de comunicación que han fragmentado la zona lacustre que antiguamente se presentaba en lo que se ve ahora como cuerpos de agua más pequeños y separados por bordos artificiales lo que ha influido directamente en la desaparición de algunas especies de vertebrados y en el establecimiento de otras mejor adaptadas a las nuevas condiciones. Por lo tanto las observaciones de los vertebrados encontrados y reportados en este predio son un reflejo de las condiciones que prevalecen actualmente en este.

Para poder hacer mejor el análisis de los vertebrados observados se procedió a hacer un recorrido general por toda la zona y de acuerdo con la fotografía aérea se pudo determinar más fácilmente las condiciones y delimitar las diferentes zonas para realizar el estudio y las observaciones, que de acuerdo a lo observado se delimitaron tres zonas principales que se muestran en la Figura 2-17.

En estas tres zonas se observó la presencia de vertebrados e invertebrados en proporciones y cantidades diferentes dependiendo principalmente de las condiciones del hábitat y oportunidades para la obtención del alimento, esto íntimamente ligado a la presencia de cuerpos de agua y a la diversidad de la vegetación que dan la oportunidad para el establecimiento y permanencia de algunos organismos.

Con respecto a los invertebrados observados en los recorridos de las tres zonas estudiadas se pudo notar la presencia de grillos (*Gryllodes sp.*), a la libélula o caballito del diablo (*Aeschna sp.*), y mosquito (*Culex sp.* y *Hydrometra sp.*). Así mismo se observó en los cuerpos de agua y áreas con vegetación a algunas especies de aves alimentándose de invertebrados acuáticos y terrestres; y según la bibliografía consultada se reporta la presencia de chinche de agua (*Corisella sp.*), y moluscos como *Physa sp.*, *Planorbis sp.*, *Limnaea sp.*, y *Helix sp.* entre los más grandes.

Con respecto a los vertebrados observados, el que mejor se encuentra representado en el área corresponde a las aves ya que las condiciones lacustres que aun persisten han favorecido numerosas especies de aves acuáticas migratorias que arriban a la zona durante la migración de otoño (Agosto -Noviembre) siendo su estancia invernal en la zona, de 8 a 9 meses. La zona también es utilizada como sitio de paso por otras aves migratorias que pasan el invierno más hacia el sur de nuestro país o del continente (especialmente en los meses de Agosto-Noviembre y Marzo-Mayo) como patos, garzas, gallaretas, chorlitos, playeros, golondrinas marinas y gaviotas, que vienen buscando estos sitios para pasar su

estancia invernal o utilizar la zona como de descanso y seguir su migración hacia sus sitios invernales definitivos.

Otras aves migratorias grandes que son de hábitos terrestres y que también se pueden observar en todo la zona son: el aura común (*Cathartes aura*), el carroñero común (*Coragyps atratus*), aguililla colirrufa (*Buteo jamaicensis*), y la garza ganadera (*Bubulcus ibis*), esta última se considera migratoria altitudinal ya que se reproduce en la zona costera del Golfo de México y terminada la reproducción se dispersa hacia la planicies del centro del país durante los meses invernales.

No sucede lo mismo con respecto a los anfibios, reptiles y mamíferos porque la presión que ha ejercido el hombre en sus poblaciones al transformar y alterar el hábitat de estos vertebrados ha provocado que algunas especies sean cada vez más difíciles de observar siendo actualmente raras y otras ya han desaparecido o migrado a otras regiones.

### Observaciones de los Vertebrados Realizadas en la Zona 1

Esta zona se encuentra bordeada por la carretera federal a Texcoco, el canal que conduce las aguas negras de la ciudad y hacia el noreste por el bordo artificial de tierra que separa y divide el predio en dos partes (ver Figura 2-17).

Se caracteriza por tener un tipo de vegetación compuesto básicamente por diferentes tipos de gramíneas adaptadas a ambientes salinos, se pueden observar plantas características de zonas inundables que aun permanecen después que la mayoría del agua se ha evaporado o reabsorbido por el suelo quedando solo pequeños espejos de agua dispersos en el área. Todo este tipo de vegetación presenta un biotopo apropiado para el establecimiento de invertebrados, algunos anfibios, reptiles, aves, y mamíferos que aprovechan los escasos recursos alimenticios disponibles.

Durante los recorridos realizados en esta zona de estudio no se observaron reptiles o anfibios aunque esto no quiere decir que no se encuentren en esta, ya que por comunicación personal y de acuerdo a las consultas bibliográficas se reporta un sapo (*Bufo sp.*) Con respecto a los reptiles por ser estos de hábitos rastreros y acuáticos no se pudieron observar pero por comunicación personal para la zona en estudio se pueden observar en algunas ocasiones a culebras de agua de los Géneros (*Salvadora bairdii*) y (*Thamnophis sp.*) y también a la víbora denominada comúnmente cincuate (*Pituophis deppei*). Así mismo en las partes donde el agua se ha evaporado y queda la arena seca del suelo se pueden observar rastros de pisadas de reptiles aves y pequeños mamíferos como ratones de campo, que es el alimento básico de algunos reptiles de la zona.

El grupo de vertebrados más representativo en la zona corresponde a las aves ya que por su fácil desplazamiento y respuestas adaptativas para algunas especies, estas fueron las más abundantes en los tres sitios estudiados del predio y en especial en esta zona 1.

De las aves más comunes que se observaron por tener hábitos gregarios se puede mencionar a la golondrina tijereta (*Hirundo rustica*) con más de 50 individuos volando de un lado a otro para atrapar insectos al vuelo, otra ave muy común fue el tordo cabecicafé (*Molotrus ater*) que en grupos de más de 120 individuos se observaron alimentándose sobre las gramíneas secas que tienen una gran cantidad de semillas. Otras tres especies que prefieren este tipo de hábitat por la disponibilidad de semillas e insectos son el gorrión melódico *Melospiza melodia*, el gorrión de Lincoln (*Melospiza lincolni*), el carpodaco doméstico (*Carpodacus mexicanus*) y el tordo sargento (*Agelaius phoeniceus*) que además

utilizan este tipo de vegetación como refugio. Dentro de las especies que han aprovechado las oportunidades del cambio de hábitat por la acción del hombre al introducir especies de plantas ajenas a la zona y debido a la desecación del lago se observaron a las siguientes aves: el halcón cernícalo *Falco sparverius*, la tortola colilarga (*Columbina inca*), al colibrí latirostre (*Cyananthus latirostris*), al tirano gritón (*Tyrannus vociferans*), el verdugo americano (*Lanio aurantius*), el centzontle aliblanco (*Mimus polyglottos*), a la bisbita llanera (*Anthus spragueii*), el zanate mexicano (*Quiscalus mexicanus*), y el gorrión doméstico (*Passer domesticus*), este último haciendo su presencia solamente donde se encuentran las construcciones humanas.

Dentro de esta misma zona se localiza un espejo de agua que aun se conserva y se encuentra muy cercano a la caseta de cobro de la carretera de cuota a Texcoco, tiene muy poca profundidad y vegetación, consistiendo básicamente de plantas acuáticas y gramíneas que soportan zonas inundables.

Se pudo observar con las visitas que se hicieron al sitio que el agua se está perdiendo rápidamente conforme transcurren los días. A pesar de estas condiciones algunas aves aprovechan aun el pequeño espejo de agua observándose a las siguientes especies: garza dedos dorados (*Casmerodius albus*), al garzón cenizo (*Ardea herodias*) en las orillas del cuerpo de agua, el ibis oscuro (*Plegadis falcinellus*) alimentándose sobre las partes someras del cuerpo de agua en grupos de 10 a 15 individuos, el pato golondrino (*Anas acuta*), pato cucharón, (*Anas clypeata*), y a la cerceta aliazul clara (*Anas discors*) descansando, y alimentándose del cuerpo de agua en parejas de mas de 30 individuos, el tordo sargento (*Agelaius phoeniceus*) en grupos de más de 60 individuos perchan sobre los tulares y vegetación cercana al agua.

La avoceta piquirrecta (*Himantopus mexicanus*) y chorlito tildio (*Charadrius vociferus*) fueron muy comunes en los cuerpos de agua donde obtienen su alimento, inclusive se han reportado anidando en la región durante el verano cuando sus poblaciones migratorias ya han regresado a las áreas de reproducción ubicadas en los Estados Unidos y Canadá. Otras aves que utilizan los cuerpos de agua somera con presencia de fango son el playerito alzacolita (*Actitis macularia*), el falaropo (*Phalaropus tricolor*), y el playerito (*Calidris minutilla*) que buscan su alimento filtrando el fango y el agua en busca de pequeños invertebrados como pulga de agua y artemia en grupos de mas de 40 individuos y otros solitarios. La gaviota (*Larus pipixpan*), y la golondrina marina (*Chlidonias niger*). Fueron observadas en grupos de más de 20 individuo que volando de un cuerpo de agua al otro en busca de alimento.

Con respecto a los mamíferos de la zona 1 no se observaron directamente pero su presencia se pudo detectar por los rastros de sus pisadas dejadas sobre la arena seca del lecho de los cuerpos de agua. Así mismo por comunicación personal con los trabajadores de la planta de basura cercana se conoce la presencia cada vez menor del conejo (*Silvilagus floridanus*) observándose algunas excretas sobre los bordos, el tlacuache (*Didelphis virginiana*), también se reporta la presencia de murciélagos (*Myotis lucifugus* y *Myotis velifer*) este último con poblaciones migratorias, se alimentan de insectos muy abundantes durante la época de lluvias.

Varias especies de ratones de campo como *Perognathus flavus*, *Lionmys irroratus*, *Baiomys taylori*, *Peromyscus maniculatus*, *Reithrodontomys megalotis*, y *Microtus mexicanus* que debido a las características del terreno y al tipo de vegetación presente se ubican hacia los bordos artificiales donde la vegetación es más abundante y la presencia de alimento

favorece su presencia. Se ha reportado la presencia de la Musaraña (*Cryptotis parva*) que frecuenta las zonas de pastizales.

El único mamífero carnívoro que aun se puede observar pero cada vez más raro (comunicación personal) es la comadreja (*Mustela frenata*) que se alimenta de pequeños roedores, aves, lagartijas e invertebrados pero que a causa del intenso movimiento de vehículos y gente, cada vez se aleja más a sitios más tranquilos.

Estas mismas actividades humanas han traído la presencia y el creciente aumento de la fauna nociva como los perros callejeros que en la zona han diezmado, y eliminado a esta fauna silvestre hacia otros sitios. Igualmente se pudo comprobar que la zona en estudio es utilizada como refugio de algunas manadas de perros callejeros, y la presencia cada vez más frecuente de ratas (*Rattus norvegicus*).

### Observaciones de los Vertebrados Realizadas en la Zona 2

La zona 2 se encuentra bordeada por el canal de aguas negras, el anillo periférico el bordo artificial de la zona 3 y el bordo que divide el predio en dos partes (ver Figura 2-17).

Se caracteriza por tener una vegetación muy escasa de pastos adaptados a condiciones extremadamente salinas no se observó la presencia de agua a excepción de pequeños cuerpos que se secan rápidamente, al parecer durante la época de lluvias toda esta zona se llena completamente de agua pero al pasar de los meses esta se va perdiendo y para fines de año se ha evaporado completamente. Por las condiciones que actualmente se presentan y debido a lo extremadamente salitroso del terreno, la escasez de agua y a la raquítica presencia de suelo adecuado para el establecimiento de otro tipo de vegetación que limita en forma drástica la presencia de fauna que pueda encontrar algún tipo de alimento, en este sitio se notó una clara escasez de vertebrados, solo se observaron algunas aves que utilizan principalmente los bordos artificiales donde la vegetación es más abundante y diversa comparada con el resto de la zona.

Hacia estos bordes se observaron a las siguientes aves: a la tortolita colilarga (*Columbina inca*) que busca su alimento de pequeñas semillas de los pastos que crecen en el bordo, el tirano gritón (*Tyrannus vociferans*), que se alimenta de insectos que atrapa al vuelo para lo cual percha en los árboles que están sembrados sobre el bordo, el verdugo americano (*Lanius ludovicianus*), la bishita (*Anthus spragueii*) que busca pequeños insectos entre el suelo. Los gorriónes melódicos y de Lincoln (*Melospiza melodia*, *M. lincolni*), y el carpodaco doméstico (*Carpodacus mexicanus*) fueron las tres aves más comunes en las zonas con vegetación arbustiva tanto del bordo como de las orillas de los cuerpos de agua, el zanate mexicano (*Quiscalus mexicanus*) y el tordo cabecicafé (*Molothrus ater*) fueron también otras dos especies muy comunes en todo el predio ya que fácilmente se pueden desplazar de uno a otro lado además de tener hábitos gregarios, otra ave que se observó solo un individuo ya que frecuenta zonas de cultivo y pastizal fue el pradero (*Sturnella magna*).

### Observaciones de los Vertebrados Realizadas en la Zona 3

Esta zona está delimitada por el anillo periférico y la continuación de la carretera a Texcoco, el bordo artificial que divide la zona 2 de la zona 3 y el bordo que divide la zona 1 de la 2 (ver Figura 2-17).

Esta zona se caracteriza por presentar características muy similares al cuerpo de agua de la zona 1 a diferencia que en este sitio la profundidad es mayor y el agua cubre la mayoría del

área, pero al igual que en la zona anterior esta también se esta secando rápidamente. La vegetación es muy similar y como se pudo observar esta parte del espejo de agua quedó separado por el bordo artificial de tierra que delimita las dos zonas y que divide al predio casi en dos partes dándole características al sitio 2 de una mayor retención de agua ya que además lo cruza un canal de agua de aproximadamente 4 metros de ancho.

Por la mayor profundidad que presenta y la presencia de vegetación en el, ha favorecido que se establezcan aves con requerimientos de hábitat más específicos como son la gallareta fretilroja (*Gallinula chloropus*) y la gallareta americana (*Fulica americana*) que solamente se observaron en este sitio, además de las siguientes especies: (*Casmerodius albus*) y al garzón cenizo (*Ardea herodias*) en las orillas del cuerpo de agua, el pato altiplanero (*Anas diazi*), el pato golondrino (*Anas acuta*), el pato cucharón, (*Anas clypeata*) y a la cerceta aliazul clara (*Anas discors*) descansando y alimentándose del cuerpo de agua en parejas de mas de 50 individuos y volando yerito (*Calidris minutilla*) que buscan su alimento filtrando el fango y el agua en busca de pequeños invertebrados en grupos de mas de 40 individuos y otros solitarios como el playerito alzacolita. La gaviota (*Larus pipixpan*) y una golondrina marina (*Chlidonias niger*) en grupos de más de 20 individuos.

Se presenta una serie de vegetación emergente y otra que crece en las orillas de los cuerpos de agua que tienen una gran cantidad de semillas que las aves terrestres utilizan como alimento de entre las cuales tenemos al gorrión melódico *Melospiza melodia*, el gorrión de Lincoln (*Melospiza lincolnii*), y el carpodaco doméstico (*Carpodacus mexicanus*).

Algunas especies aprovechan los recursos debido a la desecación de la zona y al aumento de los pastizales como: el halcón cernicalo *Falco sparverius*, que se alimenta de pequeños insectos y roedores, la tortola colilarga *Columbina inca*, al tirano gritón *Tyrannus vociferans*, el verdugo americano *Lanius ludovicianus*, el centxontle aliblanco *Mimus polyglottos*, a la bisbita llanera *Anthus spragueii*, y el zanate mexicano *Quiscalus mexicanus*.

Entre los límites de la zona 2 y 3 se ubica el bordo que recorre el predio de este a oeste y donde por sus condiciones artificiales compuesto de tepetate y tierra ha favorecido que puedan establecerse un tipo vegetación muy característico con plantas oportunistas que ha su vez a permitido la presencia de insectos y vertebrados que solamente se pueden adaptar a estas condiciones, en este sitio fue posible observar la presencia de varias colonias de la hormiga roja y algunos mamíferos como: el conejo (*Silvilagus floridanus*), el cual se observaron algunas excretas, Murcielagos (*Myotis velifer* y *Myotis lucifugus*), y varias especies de ratones de campo como *Perognathus flavus*, *Liomys irroratus*, *Baiomys taylori*, *Peromyscus maniculatus*, *Reithrodontomys megalotis*, y *Microtus mexicanus* que debido a las características del terreno y al tipo de vegetación presente se ubican hacia los bordos artificiales, la musaraña (*Cryptotis parva*) y muy posiblemente la comadreja (*Mustela frenata*).

### Características Generales

La investigación de campo no detectó ninguna especie de anfibios, reptiles o mamíferos, debido a la limitación de tiempo y a los hábitos nocturnos de algunas de éstas. Por lo tanto, el Cuadro 2-31 y el Cuadro 2-33 se obtuvieron mediante la revisión de bibliografía y por medio de consultas personales.

Cuadro 2-31: Estructura Taxonómica de los Vertebrados de la Zona de Estudio

Grupo taxonómico	Observadas	Bibliografía	Comunicación personal	Total
Anfibios	0	1	1	1
Reptiles	0	7	7	7
Aves	36	25	0	36
Mamíferos	0	10	13	13
Total	36	43	21	57

Se puede decir que existe una mayor abundancia de especies en la zona 1 (32 registros), seguida de la zona 2 (13 registros) y finalmente la zona 3 (23 registros), esto se debe a que se presentan en esta zona cuerpos de agua y zonas de pastizal y áreas arbustivas lo que da condiciones y requerimientos de hábitat adecuados para las aves favoreciendo su establecimiento y permanencia temporal ya que mientras más estructuralmente complejo es un hábitat, más especies lo usan, independientemente de que sean organismos residentes o migratorios (Rappole *et al.* 1993).

De las especies observadas, 23 son aves migratorias y 18 son acuáticas por lo que se puede inferir que la región está siendo utilizada por las características que se presentan como un sitio invernal y de paso para estas aves, por consiguiente el hábitat acuático les es indispensable para su subsistencia.

Para los anfibios y reptiles las condiciones acuáticas son también de considerable importancia ya que 4 de las especies acuáticas que se reportan aunque no se pudieron observar, requieren igualmente cuerpos de agua para su permanencia en el área.

Los mamíferos a pesar de ser 13 especies que se reportan para la región y no tener directamente hábitos acuáticos, indirectamente lo necesitan ya que las especies de plantas y animales de las cuales se alimentan dependen de su subsistencia de un medio acuático y semiárido típico de la región.

Con relación a la diversidad de los vertebrados respecto a lo registrado en la República Mexicana y el Estado de México (Figura 2-18), se aprecia que en la zona de estudio el grupo que más se observó corresponde a las aves (36 observadas de las 117 registradas para el Estado). Esto se debe a que estas han soportado mas la presión de las actividades humanas y el cambio del hábitat, además son de hábitos diurnos y las condiciones que se presentan en la zona de influencia presenta sitios adecuados para su permanencia. En cambio con respecto a los anfibios (1 reportado de los 26 registrados para el Estado), reptiles (7 reportados de los 44 registrados para el estado) y mamíferos (13 reportados de los 28 registrados para el Estado) su presencia en el área es menor debido a las condiciones adversas que se presentan para estas poblaciones y que algunas tengan hábitos nocturnos por lo que su observación se dificulte.

En la zona de estudio los vertebrados observados y reportados tienen hábitos, acuáticos y terrestres donde 22 vertebrados están utilizando los cuerpos de agua presentes en la zona y 37 están requiriendo de las zonas no inundables que se ubican principalmente hacia los bordos artificiales y a la vegetación que crece en las orillas de los cuerpos de agua. (Figura 2-19 a Figura 2-21).

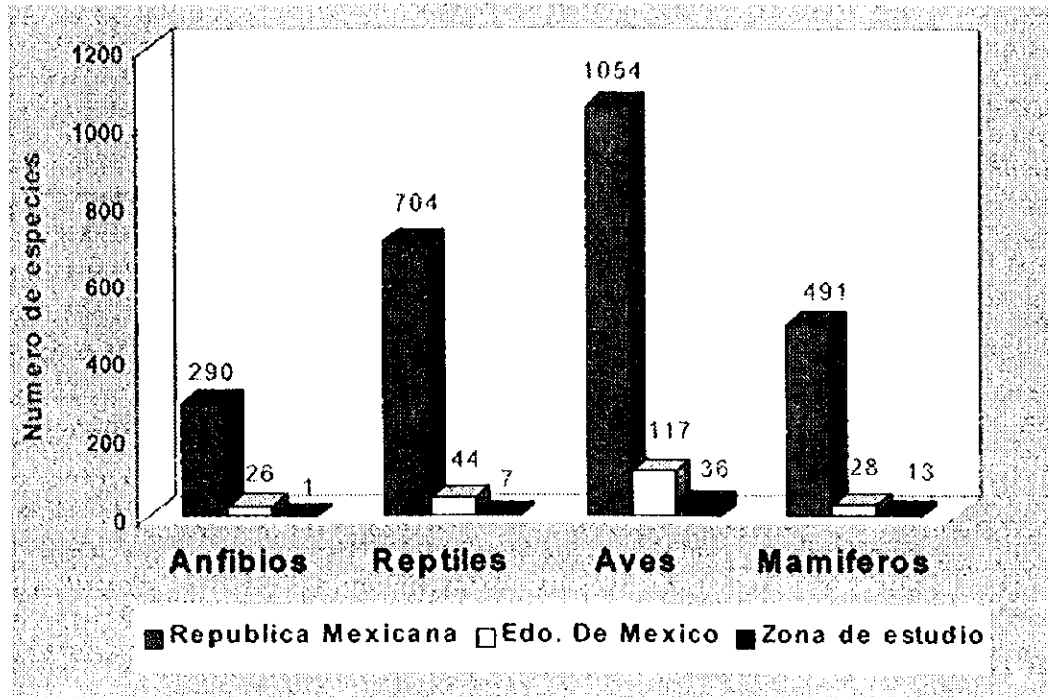


Figura 2-18: Comparación de la Biodiversidad de los Vertebrados Reportados Presentes en México, Estado de México y la Zona de Estudio

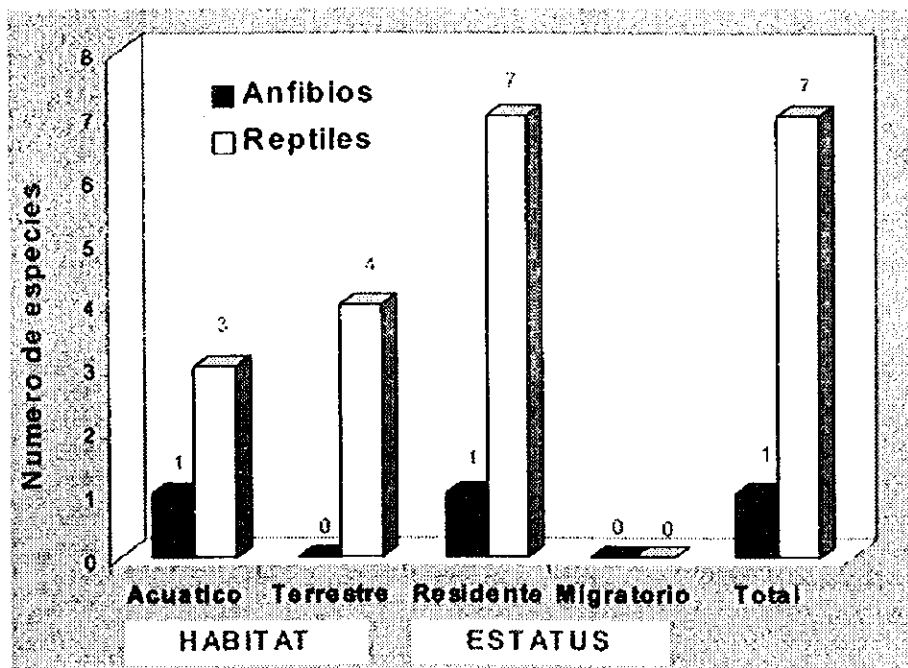


Figura 2-19: Número de Especies de Anfibios y Reptiles Reportados para la Zona de Estudio de Acuerdo a su Hábitat y Estatus

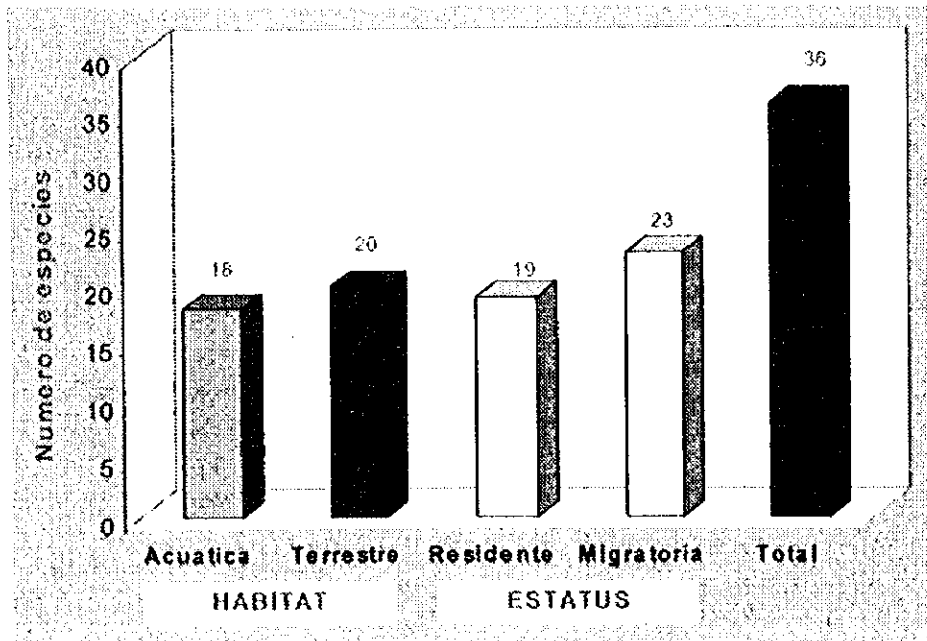


Figura 2-20: Número de Especies de Aves Reportadas o Observadas para la Zona de Estudio de Acuerdo a su Hábitat y Estatus

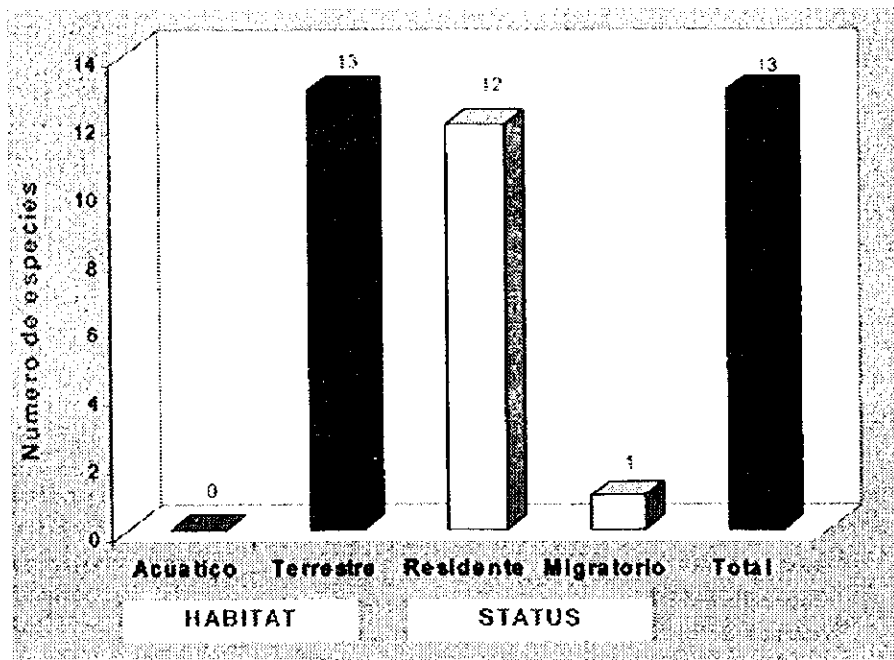


Figura 2-21: Número de Especies de Mamíferos Reportados para la Zona de Estudio de Acuerdo a su Hábitat y Estatus



### Especies de Valor Comercial y/o Cinegético.

Desde el establecimiento de las culturas prehispánicas, la fauna en la cuenca de México se aprovechaba con fines de subsistencia y utilizada constantemente. Actualmente debido al crecimiento demográfico y a la transformación del hábitat natural que ha sufrido la zona del Lago de Texcoco, las condiciones han cambiado mucho y el lago que anteriormente ocupaba la mayor parte de la cuenca se ha reducido a pequeños lagos separados unos de otros por grandes asentamiento humanos.

Conforme al calendario cinegético establecido para la temporada de agosto de 1998 a mayo de 1999, en lo referente al Estado de México que es la zona donde se ubica el predio de estudio, se puede mencionar que esta se encuentra en la región cinegética número 1 donde el área del Vaso de Texcoco se considera un área no permitida para su aprovechamiento con fines cinegéticos.

En lo referente al aprovechamiento comercial que se hace de la fauna en la zona, que esta no se practica, ya que actualmente es manejada por la Comisión Nacional del Agua. Sin embargo y de acuerdo al Calendario de Aprovechamiento de Aves Canoras y de Ornato), la Secretaría autoriza un determinado número de especies que podrán ser utilizadas para su captura y aprovechamiento con fines comerciales. Igualmente establece de acuerdo al Estado las áreas vedadas para su utilización.

En el Estado de México la zona del Lago de Texcoco se considera como un área no permitida para la captura de aves canoras y de ornato con fines comerciales.

De las especies de aves observadas en el predio de estudio y que se encuentran en el listado de aves permitidas son:

Tordo sargento	<i>Agelaius phoeniceus</i>
Zanate mexicano	<i>Quiscalus mexicanus</i>
Tordo cabecicafé	<i>Molothrus ater</i>
Carpadaco mexicano	<i>Carpodacus mexicanus</i>
Gorrión doméstico	<i>Passer domesticus</i>

### Especies Amenazadas y/o en Peligro de Extinción.

La zona de estudio donde de ubica el predio presenta un tipo de fauna que se ha adaptado a condiciones xerófitas y lacustres que aun prevalecen en la región, pero debido al aprovechamiento y daños que se han provocado a los recursos naturales de la región y el país en general se han tenido que implementar medidas de protección de la flora y fauna de la nación. Por este motivo la SEMARNAP como una medida de protección de las especies implemento la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestre terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial que establece especificaciones para su protección.

#### *Especie en Peligro de Extinción*

Se considera una especie en peligro de extinción a aquella cuyas áreas de distribución o tamaño poblacional han sido disminuidas drásticamente, poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su rango de distribución por múltiples factores, tales como la destrucción o modificación drástica de su hábitat, restricción severa de su distribución, sobreexplotación, enfermedades, y depredación, entre otros.

En la zona de estudio no se encuentran ninguna especie que se incluya dentro de esta categoría

*Especie y Subespecie Amenazada*

Especie y subespecie amenazada es la que podría llegar a encontrarse en peligro de extinción si siguen operando factores que ocasionen el deterioro o modificación del hábitat o que disminuyan sus poblaciones. En el entendido de que especie amenazada es equivalente a especie vulnerable.

En la zona de estudio las siguientes especies son reportadas según comunicación personal bajo esta categoría

Culebra de agua	<i>Thamnophis scaliger</i>
Zincuate	<i>Pituophis deppei</i>
Ratón	<i>Peromiscus maniculatus</i>

*Especie y Subespecie Rara*

Las especies y subespecies raras son aquellas cuya poblaciones son biológicamente viables, pero muy escasas de manera natural, pudiendo estar restringidas a un área de distribución reducida, o hábitats muy específicos.

Dentro de esta categoría se reporta según comunicación personal la presencia del:

Escorpión	<i>Guerrhonotus liocephalus</i>
-----------	---------------------------------

*Especie y Subespecie Sujeta a Protección Especial*

Las especies y subespecies sujetas a protección especial son aquellas sujetas a limitaciones o vedas en su aprovechamiento por tener poblaciones reducidas o una distribución geográfica restringida, o para propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de especies asociadas.

Dentro de esta categoría se encontraron las siguientes especies:

Pato golondrino	<i>Anas acuta</i> (Zonas 2, 3)
Cerceta aliazul clara	<i>Anas discors</i> (Zonas 2, 3)
Aguililla colirufa	<i>Buteo jamaicensis</i> (Zonas 1, 2, 3)

Cuadro 2-32: Cuadro Comparativo de las Especies Reportadas o Observadas en la Zona de Estudio de Acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994

	Peligro de extinción	Amenazada	Rara	Protección especial
Anfibios	0	0	0	0
Reptiles	0	2	1	0
Aves	0	0	0	3
Mamíferos	0	1	0	0
Total	0	3	1	3

Cuadro 2-33: Listado de Vertebrados de la Planta de Composta

FAMILIA Y ESPECIE	NOMBRE COMUN EN MEXICO	REGISTRO			HABITAT ESTATUS	
		ZE	CP	BI		
<b>ANFIBIOS</b>						
<b>Familia Bufonidae</b>						
<i>Bufo sp.</i>	Sapo		X	X	A	R
<b>REPTILES</b>						
<b>Familia Phrynosomatidae</b>						
<i>Sceloporus scalaris</i>	Lagartija		X	X	T	R
<b>Familia Anguidae</b>						
<i>Guerrhonotus liocephalus</i>	Escorpión		X	X	T	R
<b>Familia Colubridae</b>						
<i>Salvadora bairdii</i>	Culebra listada		X	X	T	R
<i>Thamnophis eques</i>	Culebra de agua		X	X	A	R
<i>Thamnophis scaliger</i>	Culebra de agua		X	X	A	R
<i>Thamnophis melanogaster</i>	Culebra de agua		X	X	A	R
<i>Pituophis depei</i>	Zincuate		X	X	T	R
<b>AVES</b>						
<b>Familia Ardeidae</b>						
<i>Ardea herodias</i>	Garzón cenizo	1, 3		X	A	M
<i>Casmerodius albus</i>	Garzón blanco	1		X	A	M
<i>Bubulcus ibis</i>	Garza ganadera	1, 3		X	T, A	Ma
<b>Familia Threskiornithidae</b>						
<i>Plegadis falcinellus</i>	Ibis obscuro	1, 3		X	A	M
<b>Familia Anatidae</b>						
<i>Anas diazi</i>	Pato altiplanero	1		X	A	R
<i>Anas acuta</i>	Pato golondrino	1, 3		X	A	M
<i>Anas discors</i>	Cerceta aliazul clara	1, 3		X	A	M
<i>Anas clypeata</i>	Pato cucharón	1, 3		X	A	M
<b>Familia Cathartidae</b>						
<i>Cathartes aura</i>	Aura común	1, 2, 3			T	M
<i>Coragyps atratus</i>	Carroñero común	1, 2, 3			T	M
<b>Familia Accipitridae</b>						
<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla colirrufa	1, 2, 3			T	R, M
<b>Familia Falconidae</b>						
<i>Falco sparverius</i>	Halcón cernícalo	1, 2			T	M
<b>Familia Rallidae</b>						
<i>Gallinula chloropus</i>	Gallareta frentiroja	3			A	R
<i>Fulica americana</i>	Gallareta americana	3		X	A	R, M
<b>Familia Charadriidae</b>						
<i>Charadrius vociferus</i>	Chorlito tildio	1, 3		X	A	R, M
<b>Familia Scolopacidae</b>						
<i>Actitis macularia</i>	Playerito alzacolita	1, 3		X	A	M
<i>Calidris minutilla</i>	Playerito	1, 3		X	A	M
<b>Familia Recurvirostridae</b>						
<i>Himantopus mexicanus</i>	Avoceta piquirrecta	1, 3			A	R, M
<b>Familia Phalaropodidae</b>						
<i>Phalaropus tricolor</i>	Faláropo	1		X	A	M
<b>Familia Laridae</b>						
<i>Larus pipixpan</i>	Gaviota	1, 3		X	A	M
<i>Chlidonias niger</i>	Golondrina marina	1, 3		X	A	M
<b>Familia Columbidae</b>						

<i>Columbina inca</i>	Tórtola colilarga	1, 2		X	T	R
<b>Familia Trochilidae</b>						
<i>Cyananthus latirostris</i>	Colibrí latirostre	1			T	R
<b>Familia Tyrannidae</b>						
<i>Tyrannus vociferans</i>	Tirano gritón	1, 2		X	T	M
<b>Familia Hirundinidae</b>						
<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijereta	1		X	T	R, M
<b>Familia Mimidae</b>						
<i>Mimus polyglottos</i>	Centzontle aliblanco	1			T	R
<b>Familia Laniidae</b>						
<i>Lanius ludovicianus</i>	Verdugo americano	1, 2		X	T	R
<b>Familia Motacillidae</b>						
<i>Anthus spragueii</i>	Bisbita llanera					
<b>Familia Ploceidae</b>						
<i>Passer domesticus</i>	Gorrión doméstico	1		X	T	R
<b>Familia Icteridae</b>						
<i>Molothrus ater</i>	Tordo cabecicafe	1, 2, 3			T	R
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mexicano	1, 2, 3		X	T	R
<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo sargento	1, 3		X	T, A	R
<i>Sturnella magna</i>	Pradero gorjeador	2			T	R
<b>Familia Fringillidae</b>						
<i>Melospiza melodia</i>	Gorrión melódico	1, 2, 3		X	T	R
<i>Melospiza lincolni</i>	Gorrión de Lincoln	1, 2, 3			T	R
<i>Carpodacus mexicanus</i>	Carpodaco doméstico	1, 2, 3		X	T	R
<b>MAMIFEROS</b>						
<b>Familia Soricidae</b>						
<i>Cryptotis parva</i>	Musaraña			X	T	R
<b>Familia Vespertilionidae</b>						
<i>Myotis velifer</i>	Murciélago		X		T	R, M
<i>Myotis lucifugus</i>	Murciélago		X		T	R
<b>Familia Leporidae</b>						
<i>Lepus californicus</i>	Liebre		X	X	T	R
<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo		X	X	T	R
<b>Familia Geomyidae</b>						
<i>Pappogeomys tylosinus</i>	Tuza		X	X	T	R
<b>Familia Heteromyidae</b>						
<i>Perognathus flavus</i>	Ratón espinoso		X	X	T	R
<i>Liomys irroratus</i>	Ratón		X	X	T	
<b>Familia Cricetidae</b>						
<i>Batomys taylori</i>	Ratón de campo		X	X	T	R
<i>Peromyscus maniculatus</i>	Ratón		X	X	T	R
<i>Reithrodontomys megalotis</i>	Ratón de campo		X	X	T	R
<i>Microtus mexicanus</i>	Ratón de campo		X	X	T	R
<b>Familia Mustelidae</b>						
<i>Mustela frenata</i>	Comadreja		X		T	R

**Notes:**

ZE: Observado en la zona de estudio

1: Observado en la zona 1

2: Observado en la zona 2

3: Observado en la zona 3

CP: Comunicación personal

Reptiles BI: FLOWERS-VILLELA, O.1993

Aves BI: WILSON, R.G and H. Ceballos-Lascurain. 1986

Mamíferos BI: RAMIREZ - POLISHED, Jr. I. Wilchis, C. Mudespaecher and I. Lira. 1982

**HABITAT**

A: Acuático

T: Terrestre