

2.1.4 Aire

Inversiones térmicas

Uno de los factores que agravan el problema de la contaminación en la Ciudad de México es la frecuencia con la que se presentan inversiones térmicas en particular durante el invierno, época en que los sistemas de alta presión y otros fenómenos meteorológicos contribuyen a retener más tiempo que en el verano los contaminantes. En los meses de noviembre a marzo, la hora de ruptura de las inversiones es después de las 9:00 horas ya que la insolación en esta época del año es baja comparada con la del verano. Al respecto, la Figura 2-5 muestra la frecuencia de las inversiones térmicas ocurridas en la Ciudad de México, de 1994 a 1997, de acuerdo con los datos de la Secretaría del Medio Ambiente del GDF.

Contaminación del aire

Las partículas suspendidas es uno de los contaminantes importantes de la atmósfera de la Ciudad, en particular en la zona del proyecto donde durante la estación seca se generan las tolvaneras.

La desecación del ex - Lago ha propiciado la formación de una extensa área del suelo, desprovista de vegetación, que ha quedado bajo los efectos de la erosión causada por los vientos dominantes de esta región. Dichos vientos originan tolvaneras que arrastran y transportan partículas hacia la zona metropolitana de la Ciudad de México, quedando suspendidas una parte importante de ellas cuyo diámetro es menor de 10 micras.

Esta condición convierte a la región en un emisor importante de partículas, las cuales son registradas, en su mayor parte, por la estación de la red de monitoreo atmosférico ubicada en el Municipio de Nezahualcóyotl.

Los valores máximos de PM10 del Índice Metropolitano de Calidad del Aire (IMECA), registrados en la estación de Nezahualcóyotl en el período comprendido entre enero de 1996 y septiembre de 1998, indican que la mayor frecuencia de rebases a la norma (100 puntos IMECA para partículas fracción respirable) se presenta durante los tres primeros meses del año; sin embargo, en 1998 esta situación se prolongó de manera crítica hasta el mes de julio, alcanzando un valor máximo promedio en junio de 210 puntos IMECA.

Durante el período analizado, la estación Nezahualcóyotl registró 17 meses fuera de norma; es decir, el 50% de los registros mensuales indicaron que la calidad del aire estuvo entre los rangos de No satisfactoria y Mala.

Esta situación, obligó a la Comisión Ambiental Metropolitana a elaborar un Programa para Fortalecer las Acciones de Mejoramiento de la Calidad del Aire en el Valle de México, en el cual se establece que la Comisión Nacional del Agua deberá reforzar las actividades de restauración del ex - Lago de Texcoco.

Asimismo, El Gobierno del Estado de México, a través de las Secretarías de Desarrollo Urbano y Obras Públicas, de Desarrollo Agropecuario y de Ecología, en coordinación con la Comisión Nacional del Agua, elaboraron un Programa para mitigar la emisión de partículas suspendidas en el Valle de México, en donde se establecen acciones inmediatas en la zona federal del ex - Lago de Texcoco.

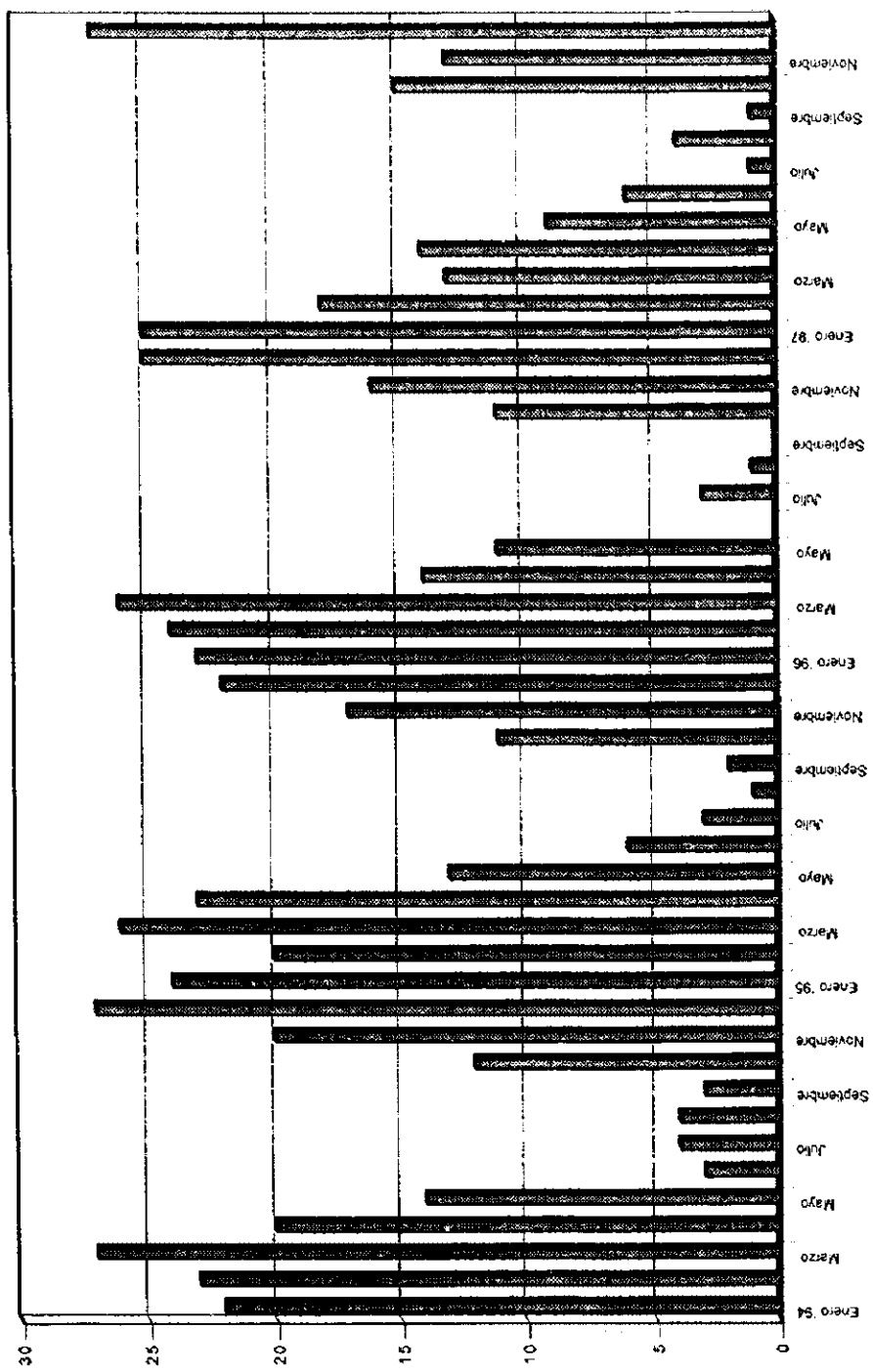


Figura 2-5: Número de Eventos de Inversión Térmica

De este Programa, se desprenden catorce proyectos puntuales:

- Sembrado de árboles y pasto
- Bosques lineales
- Barreras forestales
- Recuperación y fijación del suelo en la cuenca oriental (subcuenca del río San Juan Teotihuacán)
- Recuperación y fijación del suelo en la cuenca oriental (subcuenca del río San Francisco)
- Construcción y operación de un sistema de riego para control de tolvaneras en la estructura "El Caracol"
- Saneamiento del área inundada con aguas residuales y construcción de zonas deportivas
- Rehabilitación y recuperación del Lago de regulación Churubusco
- Tratamiento de aguas residuales para riego
- Construcción del lago de almacenamiento de agua tratada, Churubusco
- Construcción de la planta de tratamiento denominada Lago Texcoco Norte
- Riego presurizado, incluye operación y mantenimiento
- Saneamiento mediante el encauzamiento de las descargas de aguas residuales

2.1.5 Rasgos Geológicos y Geomorfológicos

La zona donde se localizan actualmente los rellenos sanitarios operados por el GDF, y en donde se propone construir el nuevo relleno pertenece a la zona federal del ex - lago de Texcoco, la cual corresponde con una planicie que se encuentra a una altura de alrededor de 2,230 metros sobre el nivel del mar y se localiza en la porción nororiental de la Ciudad de México.

Esta zona, además de ser receptora de los residuos provenientes de una parte de la Ciudad de México, se utiliza como vaso regulador de los escurrimientos superficiales; también se construyeron en ella los lagos artificiales Nabor Carrillo y el de Regulación Horaria.

Entre las actividades que se llevan a cabo dentro de la zona, están el cultivo de las especies halófitas, resistentes a la salinidad y diversos experimentos sobre obras hidráulicas, sanitarias y agropecuarias; asimismo, se han construido plantas de tratamiento de aguas residuales y un módulo experimental de recarga artificial de acuíferos con aguas tratadas.

2.1.5.1 Geología Regional

La posición geográfica denominada como Cuenca del Valle de México, se encuentra situada en el límite meridional de la altiplanicie Mexicana, comprendida entre los paralelos 20° 15' y 19° 01' de latitud norte y los meridianos 99° 31' y 98° 15' de longitud oeste de Greenwich.

Geológicamente dicha Cuenca está situada en el centro de franja volcánica que atraviesa la República Mexicana de este a oeste. Ha estado sujeta a grandes esfuerzos tectónicos, así como a erupciones volcánicas ocurridas desde principios del período Terciario hasta épocas recientes. Las formaciones del Terciario Medio comprenden restos de volcanes estratificados, tobas, brechas, derrames y depósitos de lava. Los tipos de rocas de esta época son muy variados: andesitas, andesitas-basálticas, basaltos, dasitas, etc. Estas formaciones afloran principalmente en la parte inferior de las sierras que limitan la

Cuenca. En los estratos pertenecientes al terciario superior, al este y oeste de la Cuenca se presentan grandes depósitos de lavas.

La Cuenca de México debe su formación a procesos volcánicos y tectónicos que se han ido desarrollando algunas veces lentamente, otras intempestivamente, siendo en los últimos 50 millones de años a partir del Eoceno Superior, donde dichos procesos que son de gran escala han afectado a la faja volcánica transmexicana, y de una manera general a todo el Sur de la República desde sus costas en el Pacífico.

Previamente al Eoceno, el espacio en el que se sitúa la Cuenca estaba inundado por mares tropicales someros. A principios del terciario éstos se retiraron al plegarse los sedimentos calizos y levantarse paulatinamente el Continente. Así se inició la regresión de los mares en el terciario y comenzó el vulcanismo, que el tiempo produjera espesores de 2 Km y más de lavas, tobas y brechas.

Desde el punto de vista fisiográfico la Cuenca se divide en tres zonas.

- Zona Meridional, se encuentra limitada al este por las Sierras Nevada y de Río Frío; al oeste por la Sierra de las Cruces; al Sur por la Sierra del Chichinautzin y Ajusco; y al norte aunque incompleto por las elevaciones de la Sierra de Guadalupe, el Cerro de Chiconautla y la Sierra Patlachique. Esta zona se encuentra interrumpida por una serie de volcanes recientes como son el Cerro del Pino y los que forman la Sierra de Santa Catarina; estos volcanes originan dos subzonas; la del sur que se extiende entre la Sierra de Santa Catarina y la Serranía del Ajusco, en la subzona de Xochimilco-Chalco. La otra subzona llamada México - Texcoco se extiende desde la Sierra de Santa Catarina en el sur hasta el límite norte de la zona meridional.

- La zona Septentrional de la Cuenca está ligada a la Meridional por un cuello de botella, denominado el estrecho de San Cristóbal, situado entre el Cerro de Chiconautla y la Sierra de Guadalupe. En parte representa la continuación de la Planicie Meridional y se extiende hacia el norte, hasta las estribaciones de la Sierra de Pachuca. Hacia el oeste y noreste, múltiples elevaciones como las Sierras del Monte Alto y Tepetzotlán y varias prominencias menores, forman un parteaguas muy irregular. Hacia el este se tiene el área de Tezontlalpan, que representa un bloque antiguo, fallado y hundido al sur. A esta zona también se le conoce como de Zumpango-Xaltocan.

- La zona nororiental o de los llanos de Apan, ocupa una superficie menor que las anteriores. Representa una área compleja en la que una multitud de elevaciones volcánicas menores y aparentemente sin orden, domina el paisaje. Se extiende esta zona en una franja ancha hacia el este, ocupando un espacio llano y extenso entre las cumbres de la Sierra de Pachuca y de la Sierra de Río Frío.

En el período cuaternario se inició un último ciclo de vulcanismo, cuyas manifestaciones aún persisten, de ésta época son los volcanes Cerro Gordo, Chimalhuacán y Chiconautla, entre los cuales se encuentra ubicada físicamente la subcuenta de Texcoco.

Desde el punto de vista geológico, el sitio específico en estudio, es una estructura formada por una potente estratigrafía de materiales lacustres y aluviales, en donde se destacan grandes mantos arcillosos de alta compresibilidad, de consistencia blanda, altamente saturados de agua, con intercalaciones de pequeños horizontes o lentejones de limos, arenas y vidrio volcánico, los cuales presentan una consistencia más dura.

Dentro del área definida de estudio, se presentan pendientes desde prácticamente 0% en la denominada zona federal del Lago de Texcoco, hasta pendientes mayores de 60%, en la Sierra Nevada. Las pendientes de la zona federal del Lago de Texcoco son menores del 2%, el terreno plano se extiende por el Sur, hasta el Cerro de Chimalhuacán, sitio donde la pendiente aumenta a valores superiores al 20%; por el norte hasta Chiconautla, lugar donde se registran pendientes del 20%, y por el oriente, las áreas planas se extienden ligeramente al este del ex -- Lago, región donde se inicia una zona cerril, que representa la transición entre la planicie y la Sierra (Figura 2-6).

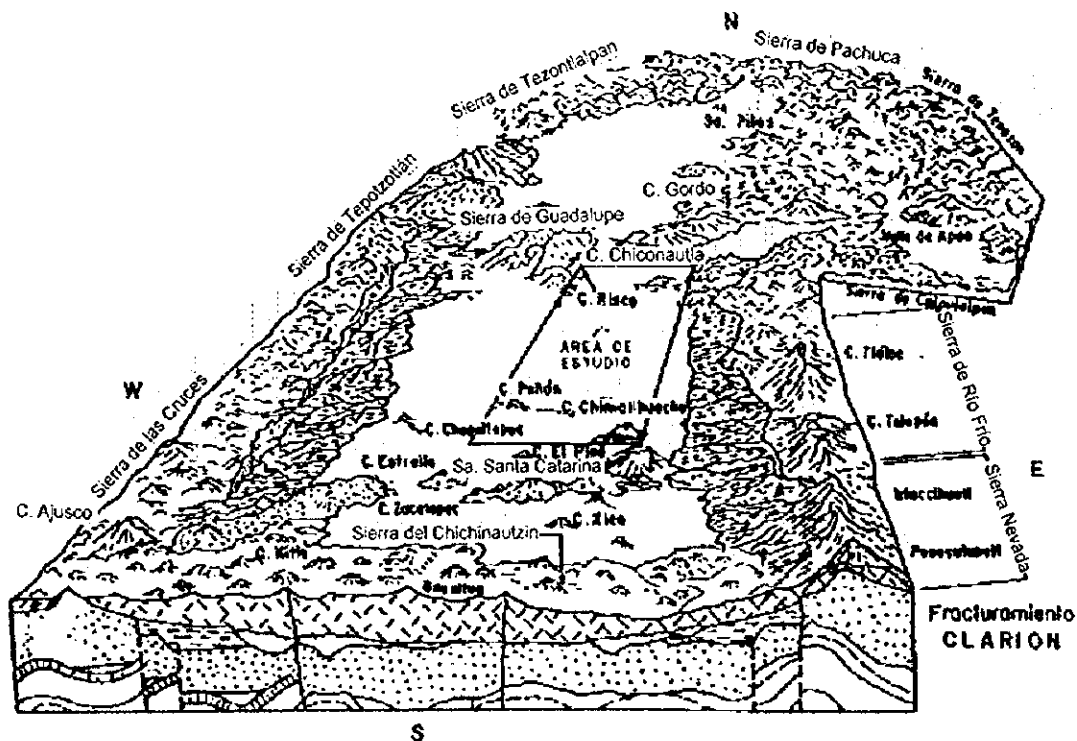


Figura 2-6: Visión General de la Cuenca del Valle de México

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 Suroeste y que continúa hacia el Noreste hasta Tizayuca y Pachuquilla, Hidalgo, y la otra que va del Suroeste 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 Suroeste, en Contreras, que sigue por la zona centro (Colonias Nápoles, Del Valle, Narvarte, Roma, Doctores, Juárez, Cuauhtémoc y otras adyacentes), continuado hacia el Noreste donde se localiza el caracol en el ex - Lago de Texcoco y que sigue hasta Otumba, Tlanalapan y Cuauhtémoc de Hinojosa.

La otra falla es la nueve, inicia al Suroeste, 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 Xochitepec 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 (bbc) 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 (textontle); 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 ex 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 ex 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 ex - 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 acúñamientos 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 ex - 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 ex - 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 ex - 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 1 (PP1), 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)

Construída 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 interglaciar 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)

Constituídos 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 espática, fragmentos de cuarzo líticos, mientras que el Conglomerado Balsas sólo tiene matriz de calcita espática. 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 Tlalyéac

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 riolacíticos, 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 incluye 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 geoeléctrica (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 potenciales.

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 línea 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 sureste, 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).

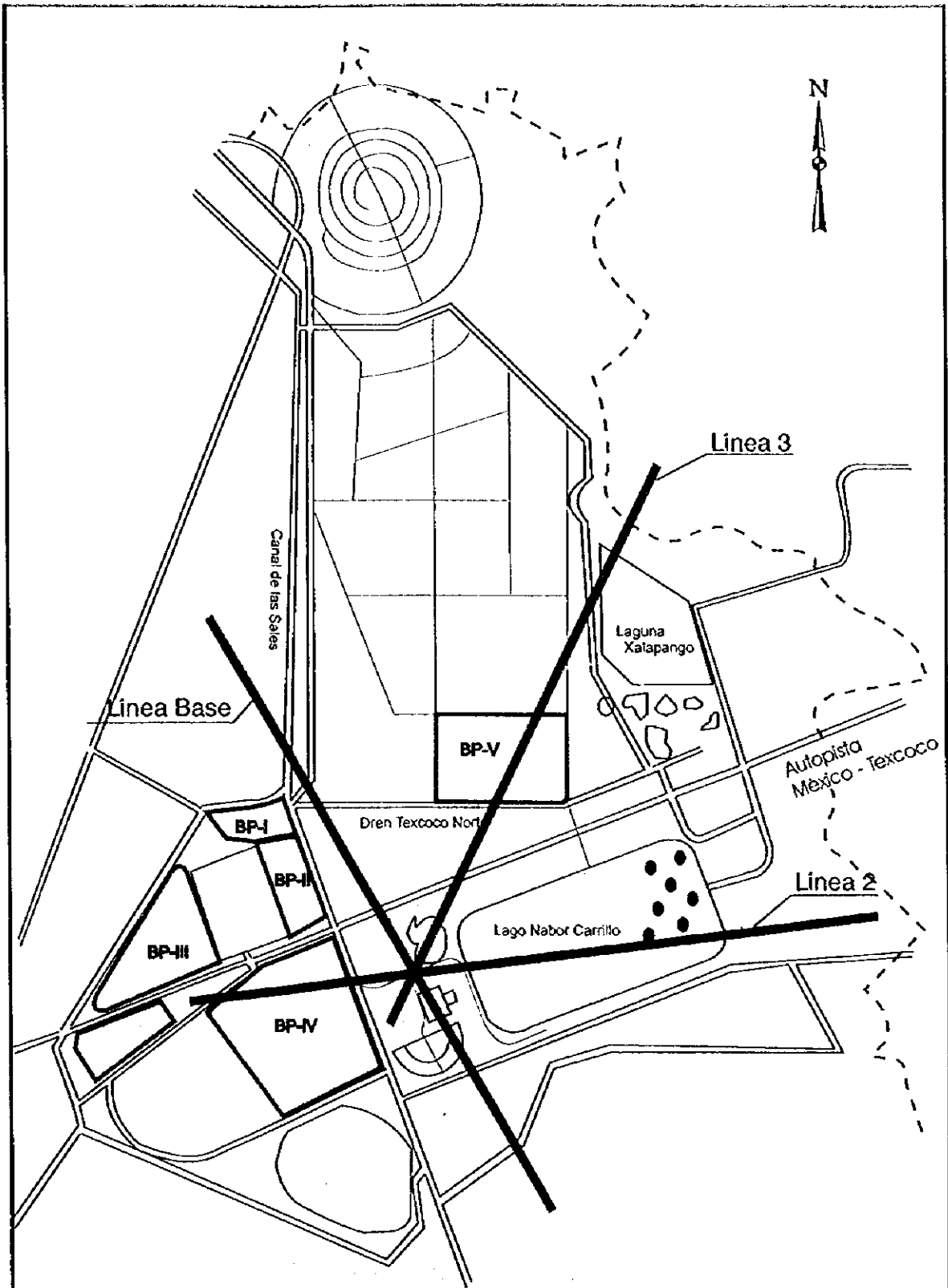


Figura 2-7:
Ubicación del Líneas Sísmicas

— Línea Sísmicas

KOKUSAI KOGYO Co., Ltd.

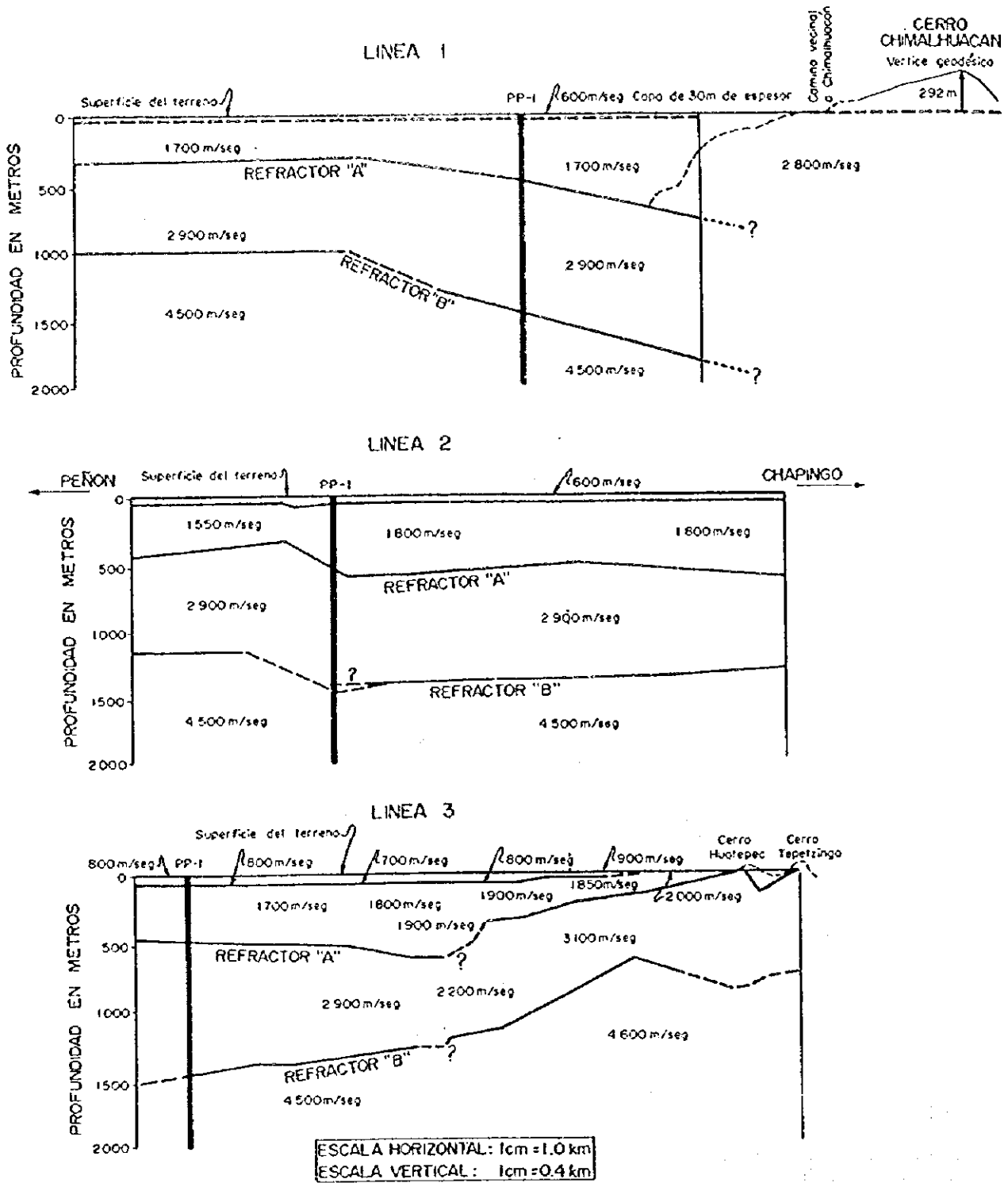


Figura 2-8: Exploración Sísmica - Perfiles de Refracción

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 suroeste, 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 el Cuadro 2-12.

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

Manto	Velocidad media, m/seg	Profundidad Estimada, meters	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 Igneas

Los resultados obtenidos de las líneas sísmicas de refracción, permitieron concluir que los derrames de roca ígnea y material piroclástico en el subsuelo del ex -- 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 ex-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 el Cuadro 2-13.

Cuadro 2-13: Refracción sísmica realizada por CFE 1987

Manto	Velocidad media, m/seg	Profundidad estimada, meters	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 1960 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 ex - 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 ex - 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 IR, se encuentra entre los sev¹ 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.

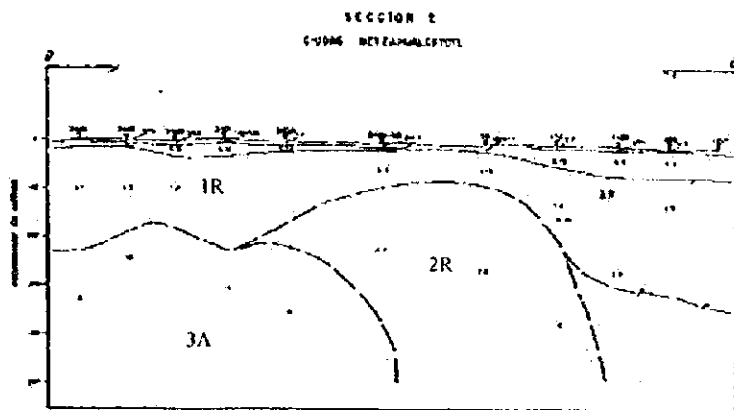
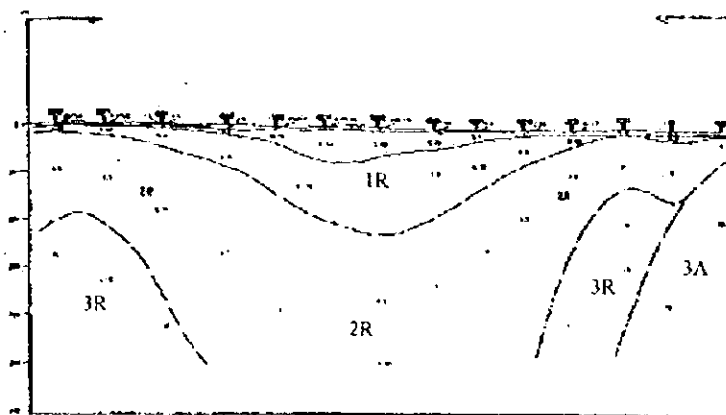


Figura 2-9: Geofísica Eléctrica

¹ Sondos eléctricos verticales

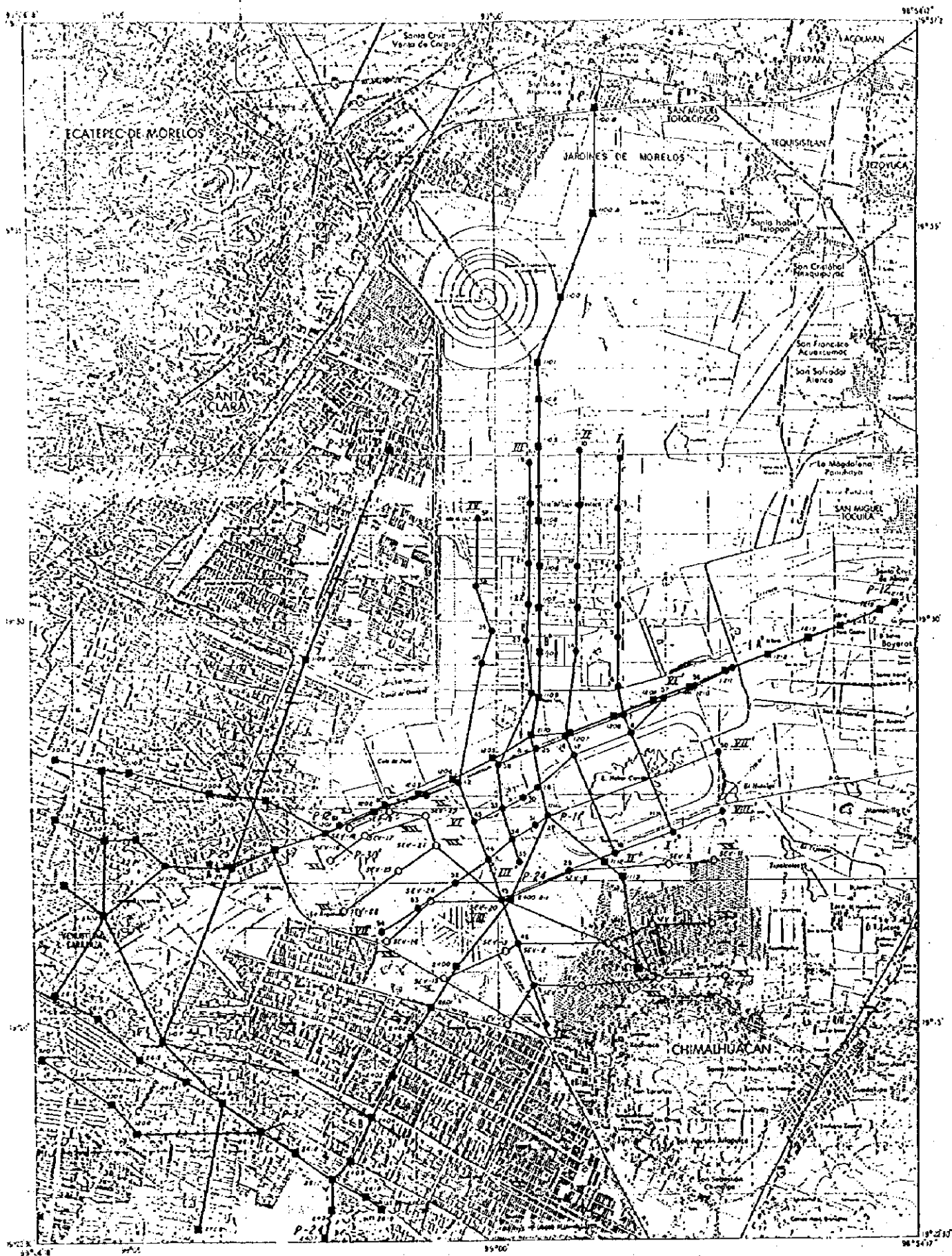
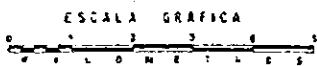


Figura 2-10: Ubicación del Sondeos Eléctricos Verticales



La unidad 2R subyace a la anterior y se profundiza indefinidamente en el centro del área (sev 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 suroeste, sólo aparece con 200 metros de espesor en el noreste. Tiene unas resistividades d 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 el Cuadro 2-14, 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	Meterial 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 ex -- Lago de Texcoco, presento un espesor variable en el centro de la zona federal del ex -- 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 sureste donde es probable que se acuíe 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 geo-eléctrica	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 acúan 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 suroeste 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 suroeste y 435 metros en el noreste, existe un basamento semicompacto 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 suroeste (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 ex-lago de Texcoco se encuentran suelos lacustres del Cuaternario.

El suelo encontrado en el ex-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

CARACTERISTICAS 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 fisicoquímica del Solonchak gléyico encontrado en el ex-lago de Texcoco (1983) como el Cuadro 2-17.

Cuadro 2-17: Caracterización Fisicoquímica 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

El equipo de JICA realizó perforaciones y análisis de suelo. 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 V

Características	SM-1		SM-2		SM-3		SM-4		SM-5			
	36.1-36.7m	39.7-40.3m	6.0-7.0m	33.3-34.3m	4.8-5.8m	12-12.6m	3.0-3.9m	18.9-19.5m	12.0-12.9m	18.6-19.2m	24.0-24.6m	55.0-55.6m
Ubicación	arcilla	arcilla	arcilla	arcilla	arcilla	arcilla	arcilla	arcilla	arcilla	arcilla	arcilla	silty arcilla
Tipo de suelo (observación visual)	2.85	2.99	2.82	2.77	2.85	2.82	2.99	2.86	2.86	2.91	2.94	2.96
Peso específico	1.29	1.30	1.16	1.24	1.47	1.31	1.14	1.14	1.20	1.20	1.25	1.32
Peso unitario (ton/m ³)	4.58	6.20	12.30	8.40	2.51	4.90	14.20	9.95	8.70	5.97	6.21	4.10
Relación de vacíos	95.0	103.0	103.0	106.0	83.4	99.8	100.0	97.0	99.0	97.0	98.0	92.0
Grado de Saturación (%)	152.0	136.0	447.1	321.7	83.4	173.7	398.0	302.0	281.0	147.0	193.0	129.0
Contenido de agua (%)	140.7	158.8	354.0	244.8	108.8	259.0	443.0	356.0	320.0	148.0	202.0	134.0
Límite de fluidez (%)	31.7	33.4	29.8	32.7	34.2	33.8	78.8	33.2	32.7	25.6	24.1	31.0
Límite de plasticidad (%)	109.0	125.4	324.2	212.1	74.6	225.2	364.2	322.8	287.3	122.4	177.9	103.0
Índice de plasticidad (%)	9	0.4	1	2	0.03	0.16	0	0	0.05	1.4	0	5
C Triaxial sin drenar (ton/m ²)	9	1	3	6	1	0	5	7	0.5	0.29	5	11
Ángulo de fricción interna (grad.)	14.4	6.3	0	5.8	1.0	0.98	0.15	0.85	0.9	2.3	0.9	14.3
Compresión simple q _u (ton/m ²)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
valor N	0.02	0.0091	0.0021	0.0067	0.0071	0.0105	0.0025	0.0063	0.0765	0.0199	0.0071	0.1294
Coefficiente de consolidación (cm ² /s)												

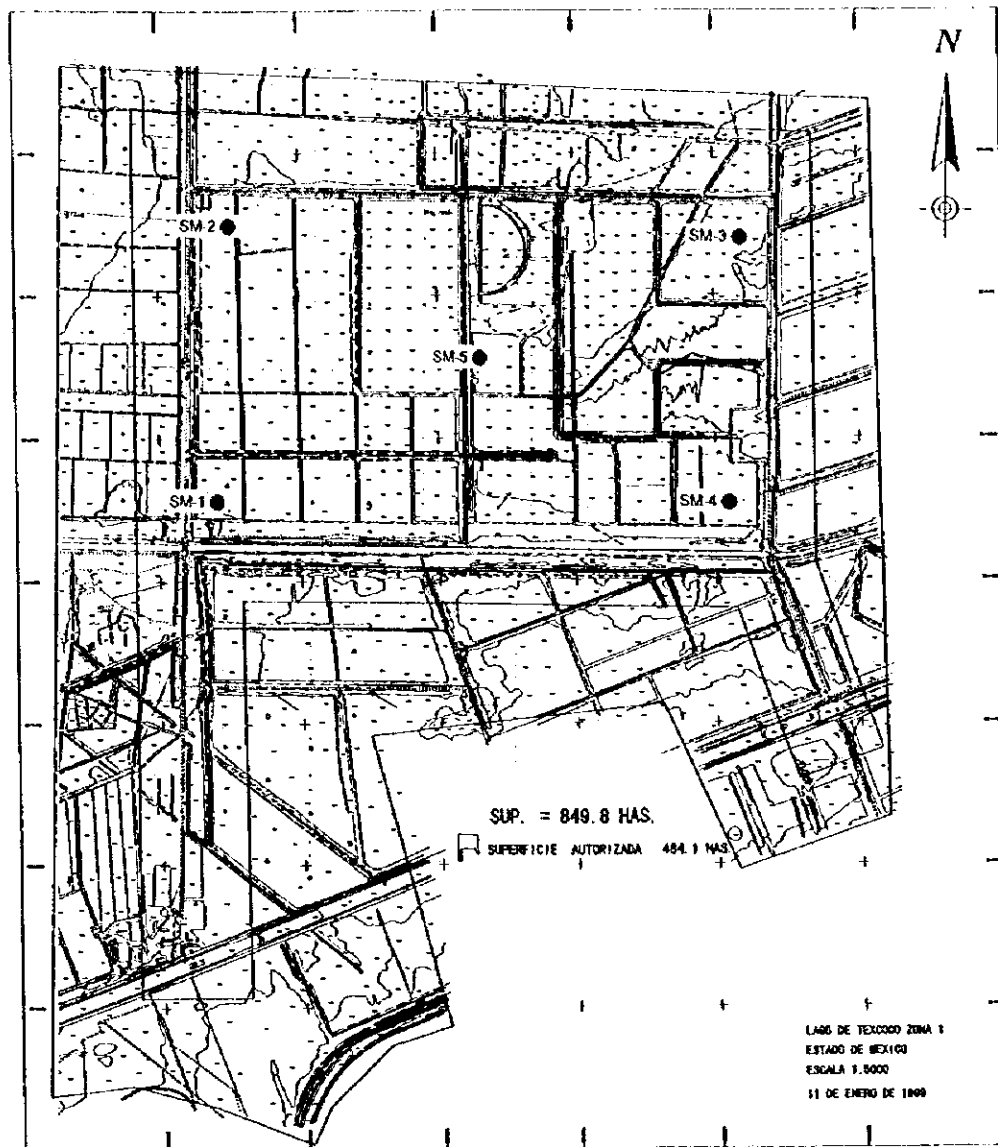


Figura 2-11: Ubicación de las Muestras de Suelo

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.

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 2-11.

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.

Las cifras de los cuadros sirven como valores de referencia para futuras investigaciones en el sitio del proyecto, para determinar la posibilidad de contaminación ambiental por parte del mismo.

2.1.5.10 Salinidad del ex – Lago de Texcoco

Existen diversas teorías para explicar la salinidad del ex-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 ex-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 ex-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 ex-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 (26DI), Arroyo Zarco (26DG); Río Tula (26DJ); Río Rosas (26 DK); Río Tlautla (26DL); Río El Salto (26DM); Tepotzotlán (26DO), Lagos Texcoco y Zumpango (26 DP); Río Salado (26DQ); Río Tezontepec (26DT) y Lagos Tohac y Tecomulco.

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 m³/seg. en promedio¹, mientras que el volumen total de flujo de los otros ríos es de únicamente 0.4 m³/seg. y que puede alcanzar casi cero durante la época seca. En la Figura 2-12 se muestra la ubicación de los ríos.

¹ Datos del Proyecto de Texcoco

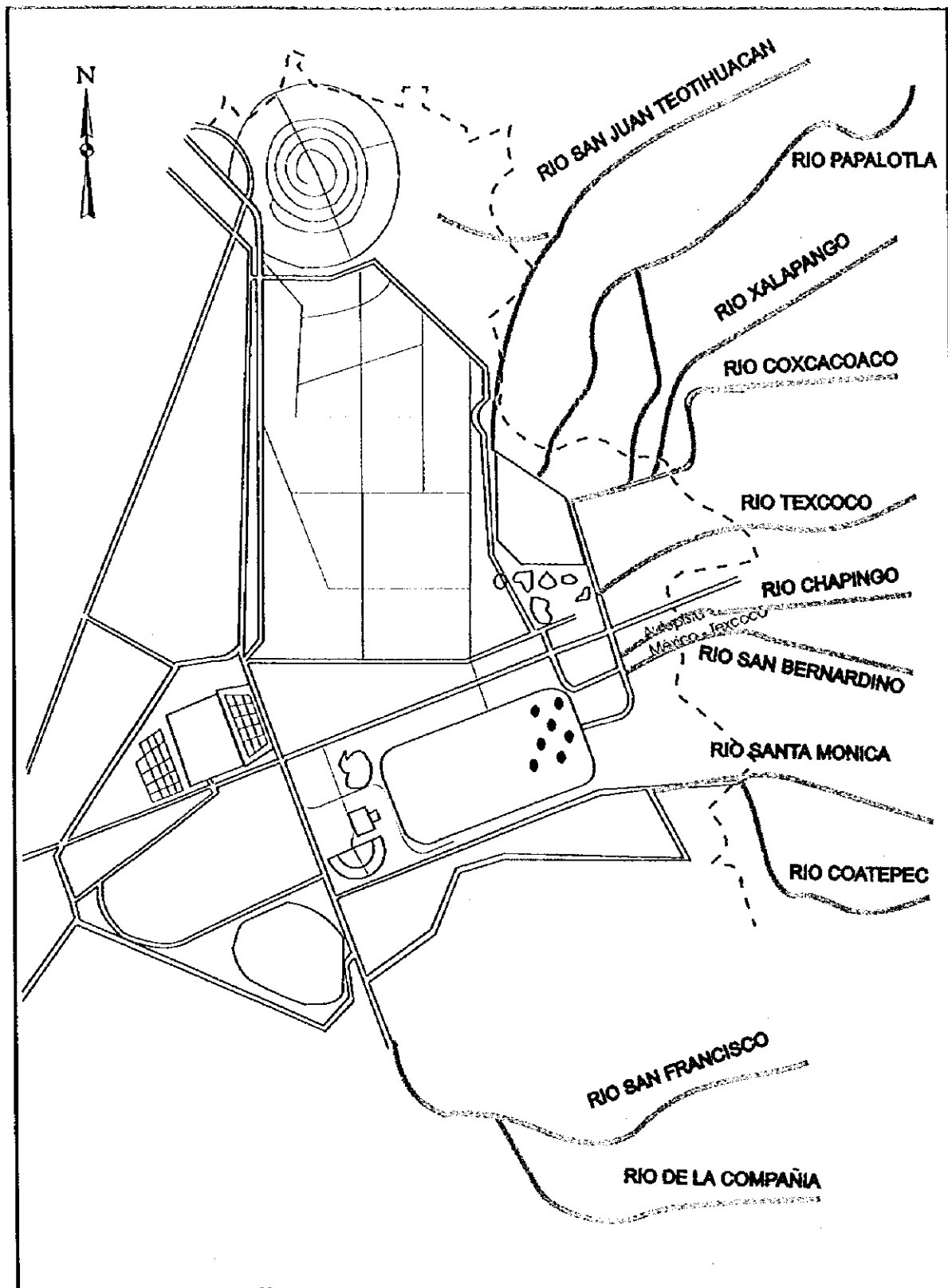


Figura 2-12:
Ubicación de los Ríos

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 ex lago de Texcoco. En la red del canal, el *Dren Texcoco Norte* debe considerarse con mucha atención, ya que fluye hacia el límite de la Etapa V.

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 ex 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 80s 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^3 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^3 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^3 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 $3.6m^3$, recibe aguas residuales domésticas y agua de lluvias de los ríos que provienen de la parte oriental del área del ex - 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	2,388.00	1.050	n.d.	6.20	311.00

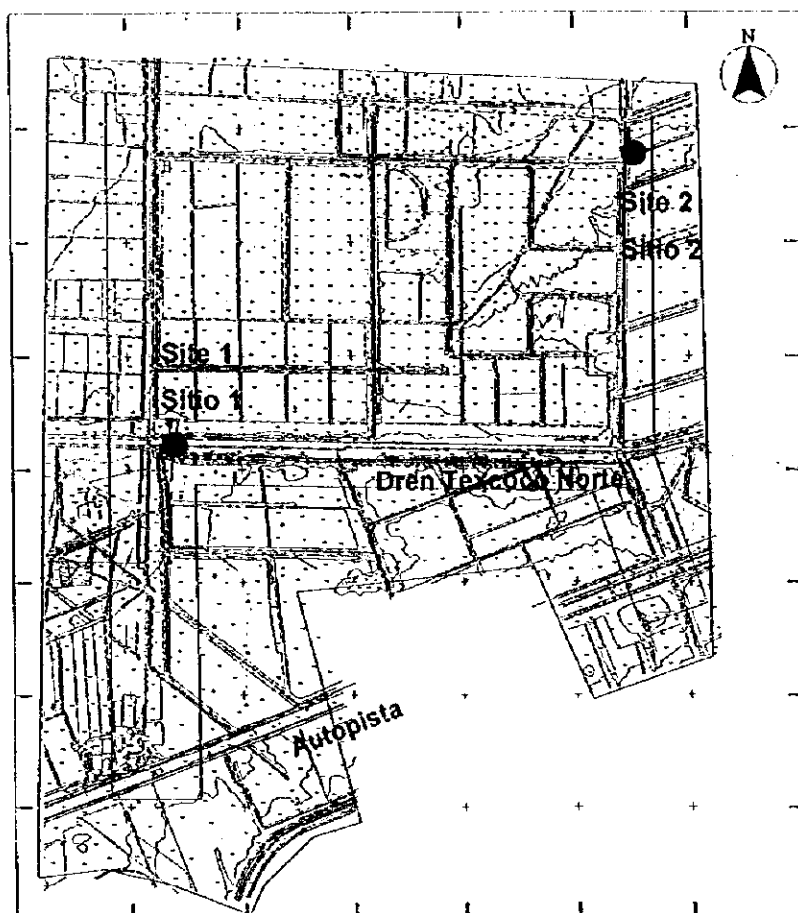


Figura 2-13: Puntos de Muestreo de Agua Superficial

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.

Las cifras del cuadro sirven como valores de referencia para futuras investigaciones en el sitio del proyecto, para determinar la posibilidad de contaminación ambiental 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	5.0×10^{-9}	0.05
Acuífero 1	8.0×10^{-5}	0.002
Acuitardo 2	5.0×10^{-9}	0.05
Acuífero 2	1.0×10^{-4}	0.001

En la Figura 2-14 se muestra la sección estratigráfica del sistema acuífero del ex -- Lago de Texcoco (Rudolph, 1989).

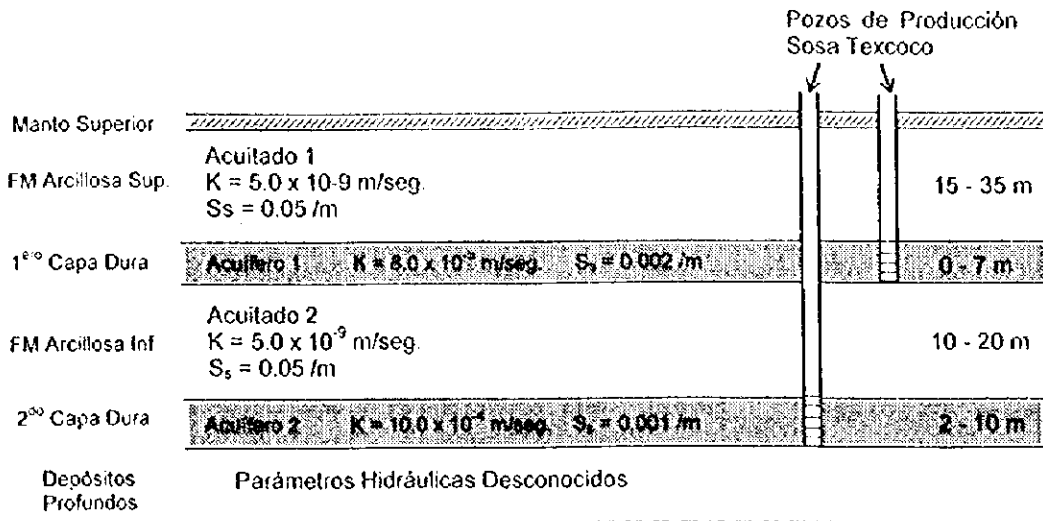


Figura 2-14: Sección Estratigráfica del Sistema Acuífero del antiguo Lago de Texcoco

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 (S _s)
Acuitado 1	7.0×10^{-9}	0.9
Acuífero 1	8.0×10^{-5}	0.006
Acuitado 2	5.5×10^{-9}	0.8
Acuífero 2	1.0×10^{-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 la Etapa V

Se calculó la permeabilidad y el nivel del manto freático a una profundidad de 10 m en la Etapa V, y se obtuvo un valor de 4.2×10^{-7} cm/seg.

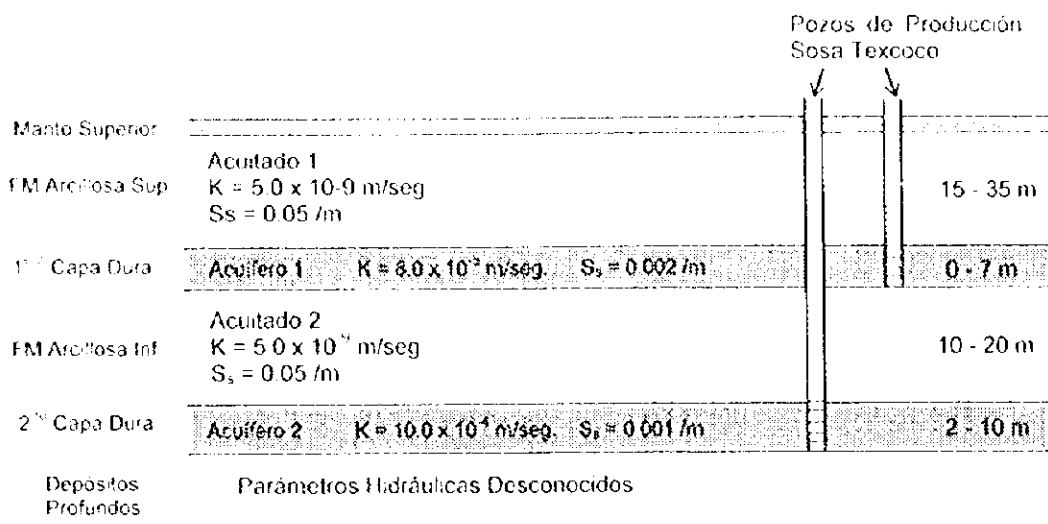


Figura 2-14: Sección Estratigráfica del Sistema Acuífero del antiguo Lago de Texcoco

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	7.0×10^{-9}	0.9
Acuífero 1	8.0×10^{-5}	0.006
Acuitado 2	5.5×10^{-9}	0.8
Acuífero 2	1.0×10^{-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 la Etapa V

Se calculó la permeabilidad y el nivel del manto freático a una profundidad de 10 m en la Etapa V, y se obtuvo un valor de 4.2×10^{-7} cm/seg.

Acuífero Profundo

Los materiales que conforman al acuífero, son de origen aluvial, volcánico y volcánicoelástico, 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 ex 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 sureste se interdigita con los materiales volcánicos derivados del cerro Chimalihuate, 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 ex-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 flujos del agua. Al oeste del cerro Chimalihuate se detectó otro bajo con concentración de flujo. De este sitio se inicia el movimiento con dirección al Suroeste.

Este acuífero se extiende no únicamente al área del ex 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.

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 ex 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 sureste 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 (DGCOH, 1992).

Con respecto al flujo regional, estudios en la zona del ex-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 flujos del agua. Al oeste del cerro Chimalihuaque se detectó otro bajo con concentración de flujo. De este sitio se inicia el movimiento con dirección al Suroeste.

Este acuífero se extiende no únicamente al área del ex 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 2-23: 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.D.: Nivel dinámico

Cuadro 2-24: 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 2-25: 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 2-15 se puede apreciar la ubicación de los pozos.

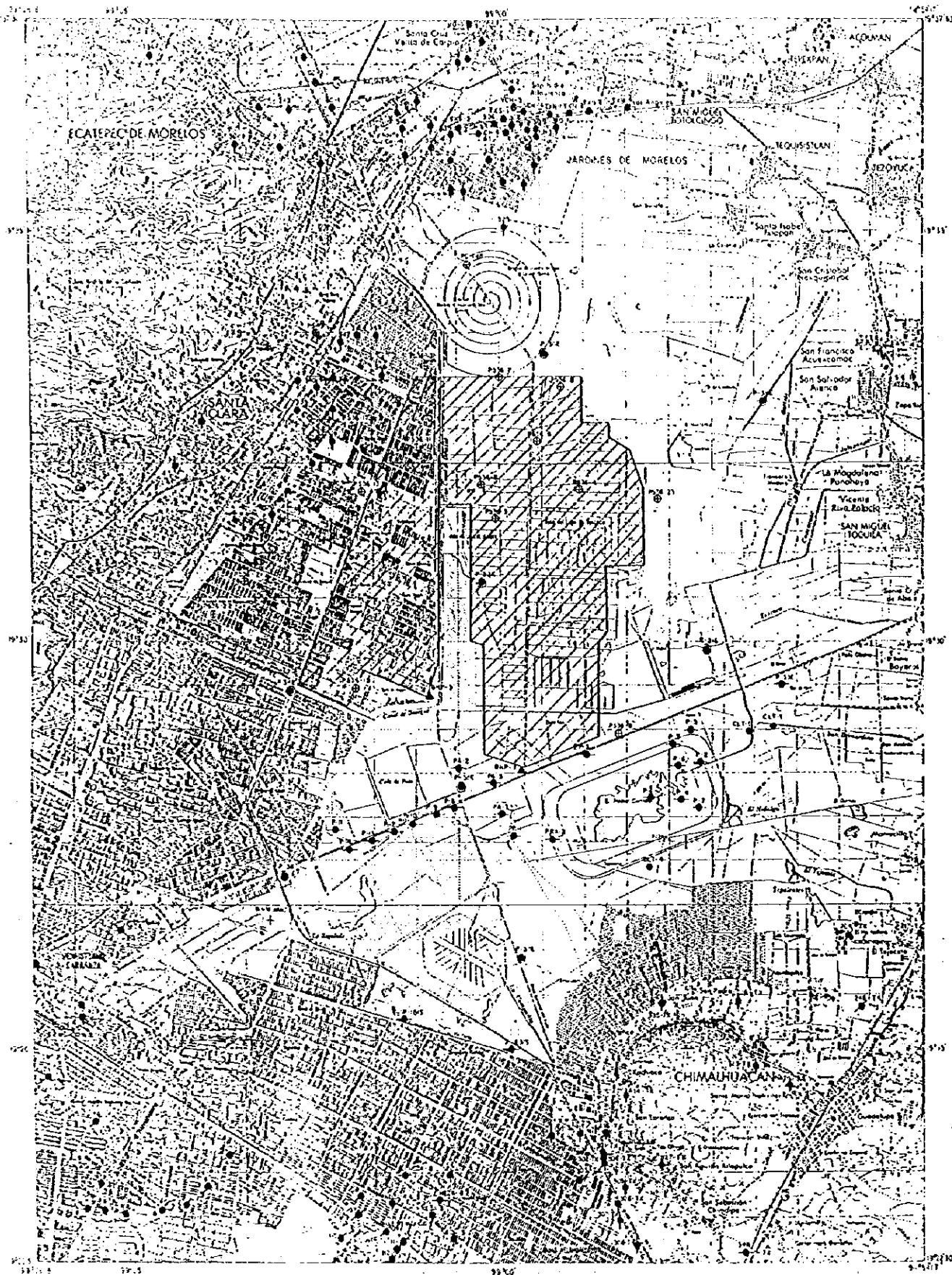
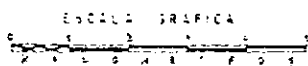


Figura 2-15: Ubicación de los Pozos



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 2-26: 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 2-27: 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 2-11 se muestra la ubicación de la perforación. Los resultados se presentan en el siguiente Cuadro.

Cuadro 2-28: 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 han identificado.

Las cifras de los cuadros sirven como valores de referencia para futuras investigaciones en el sitio del proyecto, para determinar la posibilidad de contaminación ambiental por parte del mismo.

2.1.6 Rasgos Biológicos

2.1.6.1 Fauna

En la zona del Ex-lago de Texcoco las características ambientales son marcadamente diferentes, esto aunado a las condiciones extremas de salinidad en los suelos provoca que la variedad de especies sea mínima, hay escasez de formas conspicuas y falta casi total de estratificación y por tanto, un bajo volumen de masa vegetal (Rzedowsky, 1957).

De esta manera, la composición vegetal de la zona del Ex-lago de Texcoco, está formada fundamentalmente por grandes pastizales halófitos donde la especie dominante es *Distichlis spicata* (pasto salado), la dominancia de esta especie es más marcada a medida que aumenta la concentración salina de los suelos hasta llegar a establecerse como especie única. Asociado al pasto salado se encuentra la especie *Suaeda torreyana*, cuando éste no tiene mucha cobertura o en pequeñas superficies como comunidad dominante. Es altamente tolerante a las sales por hecho de ser anual y mostrar una relativa sensibilidad a condiciones de sequía e inundación la cual disminuye su capacidad para dominar mayores áreas.

La población del romerito *Suaeda torreyana*, es también, un componente característico de la vegetación, se establece por parches en los terrenos más salinos, como especie única.

Otro componente importante de esta comunidad de suma relevancia para la construcción de los nidos y la protección de los polluelos es el zacahíestle *Eragrostis obtusiflora*, cuya distribución se localiza en pequeñas elevaciones y montículos (dunas), sin mezclarse con otras especies. Otras especies que se presentan en menor proporción son algunas especies de gramíneas como *Bouteloua* sp, *Hordeum jubatum* (cola de ardilla), *Muhlenbergia repens* y *Cynodon dactylon* (Matamoros, 1988).

Otras halófitas presentes en el área son; *Atriplex linifolia*, *Atriplex muricata*, *Sporobolus pyramidatus* (pasto) y el romerito *Suaeda nigra*.

Todas las especies vegetales de tipo arbustivo y arbóreo son introducidas, en los bordos de terracería y en los canales de sales se ha sembrado *Acacia retinoides*, pino salado *Tamarix plumosa*, *Tamarix parviflora* y *Tamarix juniperina*. En forma dispersa y asociado a las zonas de relleno y bordos perimetrales se encuentra el tabaquillo *Nicotiana glauca*.

Un segundo tipo de vegetación presente en la zona, es la acuática, representada principalmente por monocotiledóneas, los tipos más conspicuos de comunidades arraigadas y emergidas son los tulares de *Typha angustifolia*, *Scirpus californicus*, *Scirpus paludosus*, el tulillo *Juncus balticus*, que cubre zonas inundadas, canales y cuerpos de agua permanente, siendo esta vegetación acuática retirada periódicamente para darle

mantenimiento tanto a los canales como a los cuerpos de agua, otra especie de gramíneas presente en la zona es *Echinochloa crus-galli*.

La vegetación flotante esta representada principalmente por *Lemna gibba*, y *Lemna minor*. En cuanto a la vegetación que bordea las corrientes de agua las especies más frecuentes son: *Salix bonplandiana*, *Jussiaea repens*, *Polygonum punctatum*, *P. aviculare*, y *Baccharis glutinosa*.

El número de especies vegetales fluctúa debido a las condiciones fisicoquímicas del suelo, evitando que sean pocas las especies que toleran tales condiciones, sin embargo la dominancia está dada por gramíneas halófitas, que son capaces de soportar las altas concentraciones de salinidad.

Principales Asociaciones Vegetales y su Distribución

Gran parte del área del ex-lago de Texcoco cuya superficie es de 11,200 hectáreas ha sido paulatinamente cubierta con pasto salado, lo cual se debe a las características excepcionales del pasto para tolerar las fuertes limitantes del área, así como el impulso a las actividades de pastización por parte de la Comisión del Lago de Texcoco. Se estima que el 75% del área esta total o parcialmente cubierta por pasto salado (Chávez, 1985).

La especie *Suaeda torreyana* se encuentra asociada con el pasto salado cuando éste no tiene mucha cobertura o en pequeñas superficies como comunidad dominante. Es altamente tolerante a las sales por el hecho de ser anual y mostrar una relativa sensibilidad a condiciones de sequía e inundación la cual disminuye su capacidad para dominar mayores áreas. El pasto *Eragrostis obtusiflora* se presenta en manchones que cubren superficies pequeñas y normalmente sin mezclarse con otras especies.

Con el fin de reconocer localmente cuales son las principales asociaciones vegetales, su alteración y distribución dentro del área de construcción del relleno sanitario Bordo Poniente Etapa V, se seleccionaron varios sitios de muestreo.

La selección de los sitios de muestreo se realizó después de haber efectuado un recorrido preliminar del área de estudio, considerando como puntos de muestreo las zonas en donde se presenta un cambio notable en la vegetación, así como también se seleccionaron puntos intermedios en áreas donde aparentemente la vegetación era la misma.

De esta manera se seleccionaron cinco localidades en el área de construcción del relleno sanitario considerando la superficie total de la investigación de campo. La superficie del terreno donde se va ubicar el relleno sanitario comprende 256 has y la mayor parte del terreno esta sin cobertura vegetal, y otra parte esta destinada a reforestación con *Tamarix juniperina*.

Para evaluar el tipo de vegetación, así como las especies dominantes, se realizaron recorridos extensos, en donde se efectuaron varias líneas canfield con la finalidad de determinar la cobertura de las especies ya que esta, es un buen indicador de la biomasa vegetal; estas líneas fueron de aproximadamente 40 m de largo, registrándose las especies que se sobreponían o interceptaban su follaje sobre la línea, anotándose su longitud inicial y final. La fórmula para determinar la cobertura de una especie es $C_i = (L_i/L_T)100$; donde L_i = Suma de las longitudes interceptadas por la especie i , L_T = Longitud Total. El Cuadro 2-29 muestra los resultados de la línea canfield que cruzó las Localidades 1, 2 y 3.

También se tomó nota de las especies que se ubicaban alrededor de la zona ya que participan de manera notoria en las características de la comunidad y de esta manera determinan la fisonomía de la vegetación y pueden ser importantes para la interpretación de alteraciones o del manejo al que ha sido sometida la vegetación de esta zona en particular.

A continuación se describen el tipo de vegetación que se encontró en el área de construcción del relleno sanitario.

Cuadro 2-29: Valores de Cobertura para Cada Una de las Especies Registradas sobre la Línea Canfield

Especie	Cobertura (Loc. 1)	Cobertura (Loc. 2)	Cobertura (Loc. 3)
<i>Suaeda torreyana</i> Wats	9.52%	9.25%	5.1%
<i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene	64.37%	58.7%	90 %
<i>Heliotropium curassavicum</i> L.	6.17%	-	-
<i>Lepidium virginicum</i> L.	2.32%	-	1%
<i>Chloris virgata</i> Sw.	2.5%	2.05%	2.1%
<i>Sporobolus pyramidatus</i> (Lam) Hitchc.	-	1.6%	1.8%
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	11.25%	2.1%	-
<i>Sitanion longifolium</i> J.G Smith	-	0.5%	-
<i>Chenopodium graveolens</i> Willd	-	1.8%	-
<i>Bidens triplinervia</i> H.B.K	-	17.23%	-
<i>Gnaphalium</i> sp	-	0.36%	-
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	-	6.02%	-
Hojarasca	-	0.5%	-
Suelo desnudo	3.75%	-	-

Descripción de la Vegetación de la Zona

Los tipos de vegetación que se presentan en el área de construcción del relleno sanitario son los siguientes: vegetación acuática, matorral y pastizal halófito. En el pastizal halófito la estructura vertical de la vegetación tiende a ser muy sencilla, ya que es dominada por el estrato herbáceo que a lo más alcanzan 1 m de altura, dominado principalmente por la presencia de gramíneas, compuestas y chenopodiáceas.

Otro tipo de vegetación, es la acuática, que se presenta en la laguna de Xalapango, siendo uno de los sitios menos perturbados ya que se encuentra más alejado de las obras de pastización, de los lagos recreativos; además de que recibe principalmente agua de lluvia. Las especies dominantes son *Scirpus californicus* (Tule), *Lemna gibba* (Lentejilla de agua), *Eichhornia crassipes* (lirio acuático) y *Cyperus laevigatus*, este tipo de plantas carecen de órganos de fijación. Alrededor de la laguna en los bordos se encuentra otro tipo de vegetación que corresponde a un matorral dominado por *Baccharis glutinosa* (Jarilla) principalmente; además de las leguminosas *Melilotus indicus*, *Melilotus albus*, las cuales alcanzan 1 m de altura y gramíneas como *Chloris virgata*, entre otras.

Se presentan también zonas en donde la cubierta vegetal es escasa o bien nula. Además existen áreas que han sido reforestadas con *Tamarix juniperina* (Tamarix) principalmente y *Nicotiana glauca* (Tabaquillo), teniéndose cierto éxito aunque no muy satisfactorio, ya que la mayoría de las plantas han declinado y unas cuantas crecen de manera muy raquítica, esto tal vez se deba a la gran cantidad de sales presentes.

Por último se presenta vegetación secundaria como plantas arvenses y ruderales como *Lepidium virginicum*, *Eruca sativa*, *Brassica campestris*, *Taraxacum officinale*, *Malva parviflora*, entre otras, siendo estas especies indicadoras de disturbios.

Los sitios muestreados se presentan de la siguiente manera:

Localidad 1: correspondiente al pastizal halófito, dominado principalmente por *Distichlis spicata* y *Suaeda torreyana*;

Localidad 2: presentándose tres tipos de vegetación: Matorral dominado principalmente por *Baccharis glutinosa*, *Melilotus albus* y *M. indicus*; Pastizal representado por *Distichlis spicata*, *Sitanion longifolium*, *Chloris virgata* y la vegetación acuática dominado por *Cyperus laevigatus*, *Scirpus californicus*, *Lemna gibba* y *Eichhornia crassipes*;

Localidad 3: vegetación pastizal representado por las siguientes especies *Distichlis spicata*, *Scirpus californicus*, *Tamarix juniperina*;

Localidad 4: sitio de reforestado y pastizal representado por *Tamarix juniperina*, *Distichlis spicata*, *Amaranthus hybridus* y

Localidad 5: correspondiente a un pastizal *Distichlis spicata*, *Sonchus oleraceus*, y *Sitanion longifolium* principalmente.

La ubicación de cada localidad se muestra en la Figura 2-16.

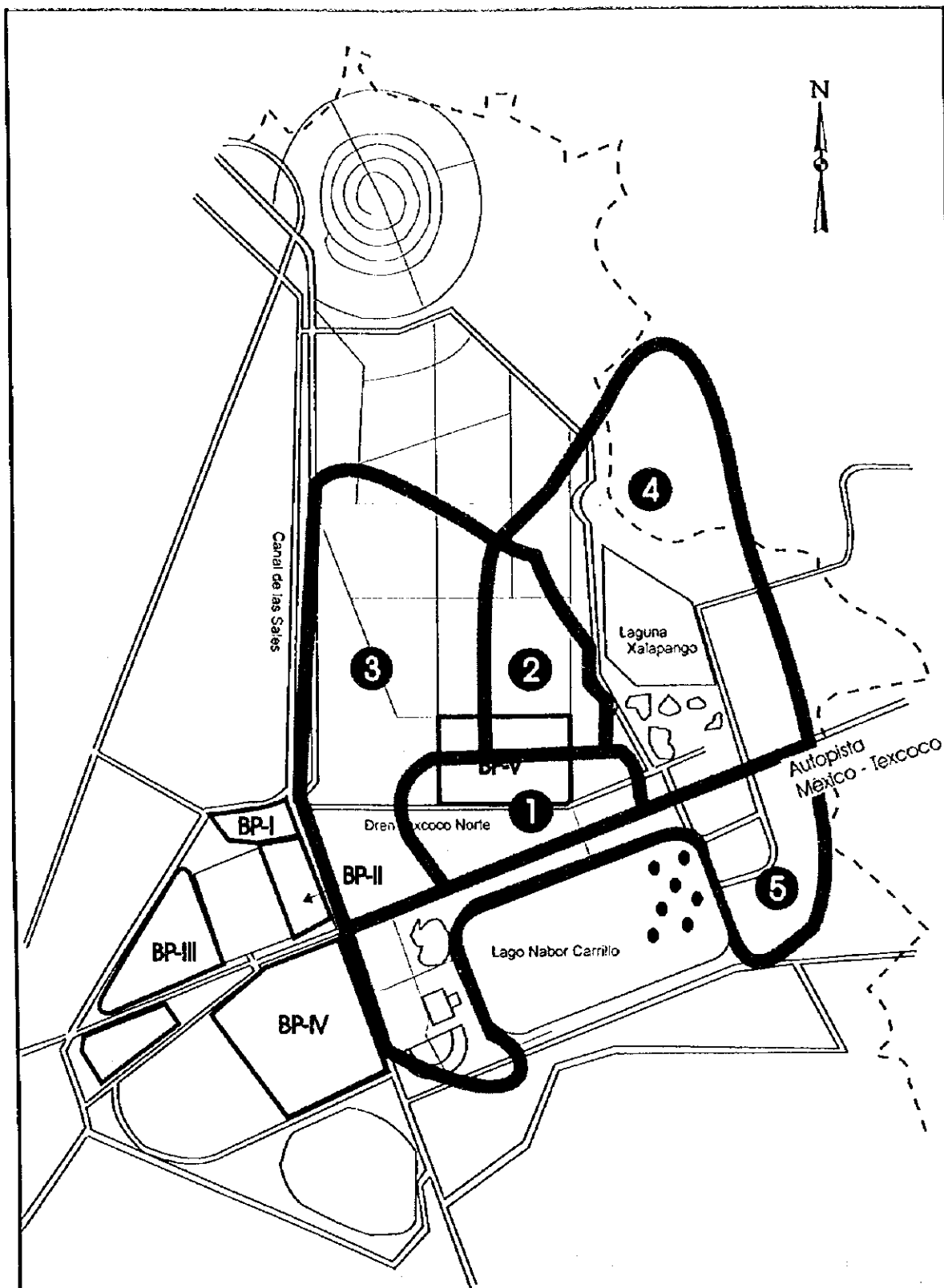


Figura 2-16:
Ubicación del Estudio sobre
Flora y Fauna

KOKUSAI KOGYO Co., Ltd.

Al analizar la composición florística de cada una de las localidades trabajadas, se obtuvieron los resultados siguientes:

Localidad 1

El tipo de vegetación que se presenta en este punto, es un pastizal halófito dominado principalmente por el pasto salado *Distichlis spicata* el cual tiene una cobertura de 64.37%, seguida del romerito *Suaeda torreyana* con una cobertura del 9.52%, *Heliotropium curassavicum* con un 6.17% y las especies menos representadas son *Lepidium virginicum*, *Chloris virgata* y *Trifolium goniocarpum*, con una cobertura menor del 2.5%. También existe una proporción en donde la vegetación es nula ya que esta zona fue sometida a un programa de reforestación con arboles *Tamarix juniperina* en donde no prosperaron; quedando únicamente los surcos vacíos sin ningún tipo de cubierta vegetal, en esta zona los suelos tienden a ser muy salinos presentando una costra de tequesquite de color blanco, provocando que pocas especies prosperen. A un costado del sitio existe un canal de agua, en la orilla prosperan plantas tales como el *Tamarix juniperina*, *Nicotiana glauca*, *Atriplex muricata*, *Sitanion longifolium*, *Distichlis spicata* y *Suaeda torreyana*.

En este punto la diversidad de especies es mínima, pero su abundancia es alta, ya que la limitante es la salinidad del suelo. Cabe mencionar que en la época de lluvias en este punto los suelos quedan anegados debido a que el suelo presenta un drenaje deficiente, lo que también evita la proliferación de plantas.

Localidad 2

En este punto, se presentan los tres tipos de vegetación: vegetación acuática matorral y pastizal. La vegetación acuática que se registro en las orillas de la laguna fue la siguiente *Scirpus californicus*, *Scirpus paludosus*, *Cyperus laevigatus*, *Lemna gibba* y lirio acuático *Eichhornia crassipes*, éste último se ha llegado a convertir un problema, por el desmedido crecimiento que ha tenido azolvando a la laguna. Cabe mencionar que la laguna es uno de los sitios menos perturbados ya que por su localización se encuentra más alejada de las obras de pastización. El tipo de vegetación que se desarrolla es propia del sitio aunque muy pobremente representada. Por lo que respecta al matorral el cual se ubica en el bordo de la laguna de Xalapango; cuya dimensión es de 1 a 3 metros de ancho alrededor de la laguna. La especie dominante es el arbusto *Baccharis glutinosa* (Jarilla), seguida de las leguminosas *Melilotus albus*, *Melilotus indicus*, acompañando a este matorral se encuentran algunas especies de pasto como *Chloris gayana*, *Chloris virgata*, *Eragrostis neomexicana*, *Eragrostis obtusiflora* y *Sporobolus pyramidatus*. También se encontraron plantas ruderales como *Bidens odorata*, *Eruca sativa*, *Sonchus oleraceus*, *Lepidium virginicum*, *Taraxacum officinale*, y *Amaranthus hybridus* (Cuadro 2-29). En el área de pastizal la especie dominante es *Distichlis spicata*, con una cobertura del 58.7%, seguidas del acahual *Bidens triplinervia* con una cobertura del 17.23%, romerito *Suaeda torreyana* 9.25% y el pasto *Sporobolus pyramidatus* 1.8%. Las especies menos representadas son *Heliotropium curassavicum*, *Sonchus oleraceus*, *Chenopodium graveolens* y *Sitanion longifolium* con una cobertura menor del 2%.

Localidad 3

La vegetación del tercer punto, esta dominado por el pasto salado *Distichlis spicata*, con una cobertura del 90%, este pasto alcanzaba una altura de unos 30 cm, puede crecer en sitios que se encuentren totalmente inundados; seguida del romerito *Suaeda torreyana*,

Amaranthus hybridus, *Sporobolus pyramidatus*, etc. En las orillas de los canales se encuentran el estrato arbóreo dominado por *Tamarix juniperina*, *Casuarina equisetifolia*, y algunas especies de *Nicotiana glauca*, *Acacia* sp, las cuales forman parte de las cortinas rompeviento; por lo que respecta al estrato herbáceo se registraron especies tales como *Plantago mayor*, *Rumex flexicaulis*, *Sonchus oleraceus*, *Sitanion longifolium*. También se encontraron *Scirpus californicus* y *Cyperus laevigatus* como vegetación acuática que crece en los bordos de los canales. Existen áreas en este punto en el que la vegetación es escasa o casi nula, las especies que se registraron son *Sesuvium portulacastrum*, *Trianthema portulacastrum*, son plantas rastreras y suculentas que soportan la salinidad del suelo. *Chloris virgata*, *Chloris submutica*, *Eragrostis obtusiflora* y *Atriplex muricata*, son otras especies que se encontraron de manera esporádica.

Localidad 4

En esta zona se ha implementado un programa de reforestación sembrando *Tamarix juniperina*, los cuales alcanzan a medir hasta 1.30 m arbustos *Buddleia cordata* y *Nicotiana glauca*. En general la vegetación del área de estudio está constituida principalmente por un pastizal en donde las especies dominantes son gramíneas, el pasto salado *Distichlis spicata*, *Chloris virgata*, *Chloris submutica*, *Amaranthus hybridus*, *Heliotropium curassavicum*. Hacia los bordos del canal crecen plantas como *Chenopodium mexicanum*, *Chenopodium murale*, *Atriplex muricata*, *Sonchus oleraceus*, *Sitanion longifolium*, *Sporobolus pyramidatus*, *Lepidium virginicum* y *Rumex flexicaulis*.

Localidad 5

Esta última zona se ubica en los alrededores del lago recreativo Nabor Carrillo, el tipo de vegetación que se presenta corresponde a un pastizal, caracterizado por la presencia de *Distichlis spicata* siendo muy abundante de acuerdo con las observaciones hechas a lo largo del recorrido por la zona, *Amaranthus hybridus*, *Sonchus oleraceus* son abundantes, ambas especies presentan una distribución mas o menos homogénea; en tanto especies como *Sesuvium portulacastrum*, *Melilotus indicus*, *Suaeda torreyana* se presentan de manera agregada en ciertos sitios. Otras especies presentes son *Heliotropium curassavicum*, *Chenopodium mexicanum*, *Rumex flexicaulis*, *Solanum nigrum*, *Eragrostis obtusiflora*, en menor proporción. También existe pequeñas áreas que fueron reforestadas con *Tamarix juniperina*, la mayoría presentan hojas de color amarillo a rojizo esto se debe a la época del año, de talla pequeña menos de un 1 m de alto.

En las orillas del lago se encuentran árboles, como *Tamarix juniperina*, *Nicotiana glauca*, *Schinus molle*, *Casuarina equisetifolia*, *Eucaliptus* sp. En los bordos de dicho lago se encuentra creciendo herbáceas siendo en su mayoría vegetación secundaria, registrándose las siguientes: *Brassica campestris*, *Tithonia tubiformis*, *Eruca sativa*, *Bidens odorata*, *Tagetes erecta*, *Taraxacum officinale*, *Malva parviflora*, *Brickellia veronicifolia*, *Trifolium goniocarpum*, *Sporobolus pyramidatus*, *Sitanion longifolium*, etc.

Cabe mencionar que de las 5 localidades que abarcan el área de estudio, ésta última es la segunda mejor representada en cuanto al número de especies que se registraron, tal vez se deba a que las condiciones del sitio son ligeramente distintas, esto se aprecia en la textura y color del suelo, teniendo éste último menor cantidad de sales, por lo que existe una mayor probabilidad de que otras especies se adapten mejor al sitio.

Por otra parte, hay que señalar que tal vez no todas las especies estén bien representadas esto se debe a la época del año (sequía), pero en general se cubren la gran mayoría.

También hay que señalar que la ausencia de la vegetación acuática en los canales, es debida a que estos se desecan en la época de secas, siendo pocas especies que soportan estas condiciones.

Listado Florístico del Área de Estudio

Como resultado del trabajo de campo realizado en el área de construcción del relleno sanitario, en terrenos del Ex-lago de Texcoco, el cual consistió en la observación y toma de muestras de la flora presente, se encontraron las especies que a continuación se mencionan así como la familia a la que pertenecen, de igual forma se indica al tipo de estrato al que pertenecen, es decir, estrato herbáceo (h); estrato arbustivo (ar) o bien, estrato arbóreo (a).

Cuadro 2-30: Listado Florístico del Área de Estudio

Nombre científico	Estrato	Nombre común
AIZOACEAE		
<i>Sesuvium portulacastrum</i> L.	(h)	Cenicilla
<i>Trianthema portulacastrum</i> L.	(h)	Sin nombre conocido
AMARANTHACEAE		
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	(h)	Quintonil
ANACARDIACEAE		
<i>Schinus molle</i> L.	(a)	Pirú
BORAGINACEAE		
<i>Heliotropium curassavicum</i> L.	(h)	Line of Monkey
CASUARINACEAE		
<i>Casuarina equisetifolia</i>	(a)	Casuarina
COMPOSITAE		
<i>Artemisia mexicana</i> Willd.	(h)	Ajenjo
<i>Baccharis glutinosa</i> Pers.	(ar)	Jarilla
<i>Bidens odorata</i> Cav.	(h)	Rosetilla
<i>Bidens triplinervia</i> H.B.K.	(h)	Acahual cimarrón
<i>Brickellia veronicifolia</i> (HBK) Gray.	(ar)	Sin nombre conocido
<i>Gnaphalium</i> sp *	(h)	Gordotobo
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	(h)	Lechugilla
<i>Taraxacum officinale</i> L.	(h)	Diente de León
<i>Tithonia tubiformis</i> Jacq.	(h)	Giganton
CHENOPODIACEAE		
<i>Atriplex muricata</i> H & B	(h)	Sin nombre conocido
<i>Atriplex linifolia</i> H & B	(h)	Sin nombre conocido
<i>Chenopodium mexicanum</i> Moq	(h)	Quelite
<i>Chenopodium murale</i> L.	(h)	Hediondilla
<i>Chenopodium graveolens</i> Willd.	(h)	Epazote de zorrillo
<i>Suaeda torreyana</i> Wats	(h)	Romerito
CRUCIFERAE		
<i>Brassica campestris</i> L.	(h)	Vaina
<i>Eruca sativa</i> Mill	(h)	Nabo
<i>Lepidium virginicum</i> L.	(h)	Lentejilla
CYPERACEAE		
<i>Cyperus laevigatus</i> L.	(h)	Pasto
<i>Scirpus californicus</i> (C.A. Mex.)	(h)	Tule
<i>Scirpus paludosus</i> (A. Nels)	(h)	Sin nombre conocido
GRAMINEAE		
<i>Chloris gayana</i> Kunth.	(h)	Pata de gallo
<i>Chloris submutica</i> HBK	(h)	Paraguaitas
<i>Chloris virgata</i> Sw.	(h)	Barba de chivo

Nombre científico	Estrato	Nombre común
<i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene	(h)	Pasto salado
<i>Eragrostis obtusiflora</i> (Fourn)	(h)	Pasto
<i>Eragrostis neomexicana</i> (Hornem.) Link	(h)	Pasto
<i>Sitanion longifolium</i> J.G.	(h)	Pasto
<i>Sporobolus pyramidatus</i> (Lam) Hitchc.	(h)	Pasto
LEGUMINOSAE		
<i>Acacia</i> sp *	(a)	Sin nombre conocido
<i>Dalea</i> sp *	(h)	Sin nombre conocido
<i>Melilotus albus</i> Ders	(h)	Sin nombre conocido
<i>Melilotus indicus</i> (L.) All.	(h)	Trébol de olor
<i>Trifolium goniocarpum</i> Lojac.	(h)	Trébol
LEMNACEAE		
<i>Lemna gibba</i> L.	(h)	Lentejilla de agua
LOGANIACEAE		
<i>Buddleia cordata</i> HBK.	(ar)	Tepozan
MALVACEAE		
<i>Malva parviflora</i> L.	(h)	Malva
PLANTAGINACEAE		
<i>Plantago major</i> L.	(h)	Llanté
POLYGONACEAE		
<i>Rumex flexicaulis</i> Rech. f.	(h)	Lengua de vaca
<i>Polygonum punctatum</i> Ell	(h)	Sin nombre conocido
PONTEDERIACEAE		
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart)	(h)	Aquatic iris
SOLANACEAE		
<i>Glaucous nicotiana</i> Graham.	(ar)	Tabaquillo
<i>Solanum nigrum</i> L.	(h)	Sin nombre conocido
<i>Solanum rostratum</i> Dunal.	(h)	Duraznillo
<i>Datura stramonium</i> L.	(h)	Toloache
TAMARICACEAE		
<i>Tamarix juniperina</i> L.	(a)	Tamarix
TYPHACEAE		
<i>Typha latifolia</i> L.	(h)	Tule

(*) Plantas identificadas solo a nivel de género debido a que se encontraban en estado vegetativo.

- (h) Estrato herbáceo
- (ar) Estrato arbustivo
- (a) Estrato arbóreo

El listado anterior es el resultado del trabajo de campo y de la identificación de las plantas colectadas, está conformado por 20 Familias, 43 géneros y 53 especies (Figura 2-17). De las cuales 45 (84.90 %) pertenecen al estrato herbáceo, 4 (7.54 %) al arbustivo y 4 (7.54 %) al estrato arbóreo (Figura 2-17).

Composición florística por estratos

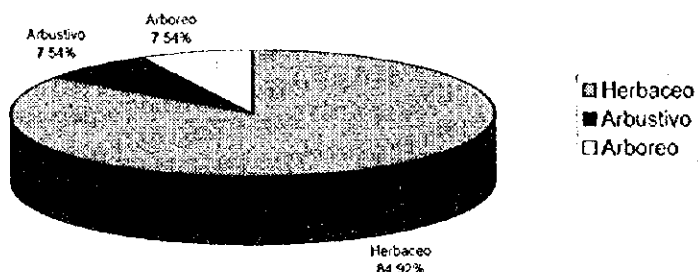


Figura 2-17: Composición Florística por Estratos

Con base al listado que antecede se puede apreciar que la familia Compositae y Gramíneae son las mejor representadas con 9 y 8 especies cada una de las cuales la más abundante es *Distichlis spicata* y *Chloris virgata*. Dentro de las compuestas las más abundantes fueron *Bidens triplinervia*, *Baccharis glutinosa* y *Sonchus oleraceus*.

La familia Chenopodiaceae es la segunda mejor representada con 6 especies de las que sobresale *Chenopodium murale*, seguidas de las siguientes familias Leguminosae con 5 especies en 4 géneros; Solanaceae con 3 géneros y 4 especies Cruciferae con 3 especies; Aizoaceae con 2 especies, las demás familias representadas con una sola especie.

Con la finalidad de determinar de manera gráfica el trabajo de campo realizado y poder establecer la diversidad de las diferentes localidades que fueron muestreadas, en el Cuadro 2-31 se presenta información de la ubicación de las especies vegetales en las diferentes localidades de estudio.

Cuadro 2-31: Ubicación de las Especies Vegetales en las Diferentes Localidades de Estudio

Familia, género y especie	Localidad No.				
	1	2	3	4	5
AIZOACEAE					
<i>Sesuvium portulacastrum</i> L.			◆	◆	
<i>Trianthema portulacastrum</i> L.		◆			
AMARANTHACEAE					
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	◆	◆	◆	◆	◆
ANACARDIACEAE					
<i>Schinus molle</i> L.				◆	◆
BORAGINACEAE					
<i>Heliotropium curassavicum</i> L.	◆	◆			◆

Familia, género y especie	Localidad No.				
	1	2	3	4	5
CASUARINACEAE					
<i>Casuarina equisetifolia</i>				♦	♦
COMPOSITAE					
<i>Artemisia mexicana</i> Willd		♦			
<i>Baccharis glutinosa</i> Pers		♦			♦
<i>Brickellia veronicifolia</i> (HBK) Gray					♦
<i>Bidens odorata</i> Cav.	♦	♦			♦
<i>Bidens triplinervia</i> H.B.K.		♦			♦
<i>Gnaphalium</i> sp*		♦			♦
<i>Sonchus oleraceus</i> L.		♦	♦		♦
<i>Taraxacum officinale</i> L	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Tithonia tubiformis</i> Jacq		♦			♦
CHENOPODIACEAE					
<i>Atriplex muricata</i> H & B	♦	♦			
<i>Atriplex linifolia</i> H & B			♦		
<i>Chenopodium mexicanum</i> Moq	♦	♦		♦	♦
<i>Chenopodium murale</i> L.	♦	♦		♦	
<i>Chenopodium graveolens</i> Willd.		♦			
<i>Suaeda torreyana</i> Wats	♦	♦		♦	♦
CRUCIFERAE					
<i>Brassica campestris</i> L.		♦			♦
<i>Eruca sativa</i> Mill		♦			♦
<i>Lepidium virginicum</i> L.	♦	♦	♦		♦
CYPERACEAE					
<i>Cyperus laevigatus</i> L.			♦	♦	
<i>Scirpus californicus</i> (C.A. Mex.)		♦	♦		♦
<i>Scirpus paludosus</i> (A. Nels)		♦			
GRAMINEAE					
<i>Chloris gayana</i> Kunth.	♦	♦	♦		
<i>Chloris submutica</i> HBK	♦	♦			
<i>Chloris virgata</i> Sw.	♦	♦			♦
<i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene	♦	♦	♦	♦	
<i>Eragrostis obtusiflora</i> (Fourn)		♦			♦
<i>Eragrostis neomexicana</i> (Hornem.) Link		♦			
<i>Sitanion longifolium</i> J.G.		♦		♦	♦
<i>Sporobolus pyramidatus</i> (Lam) Hitchc.	♦	♦			♦
LEGUMINOSAE					
<i>Acacia</i> sp*.			♦		♦
<i>Dalea</i> sp*.		♦			
<i>Melilotus albus</i> Ders		♦			♦
<i>Melilotus indicus</i> (L.) All		♦			♦
<i>Trifolium goniocarpum</i> Lojac.	♦				♦
LEMNACEAE					
<i>Lemna gibba</i> L.		♦			
LOGANIACEAE					
<i>Buddleia cordata</i> HBK.			♦		
MALVACEAE					
<i>Malva parviflora</i> L		♦			♦
PLANTAGINACEAE					
<i>Plantago major</i> L.			♦		♦
POLYGONACEAE					

Familia, género y especie	Localidad No.				
	1	2	3	4	5
<i>Polygonum punctatum</i> Ell.			♦		♦
<i>Rumex flexicaulis</i> Rech. f.			♦		♦
PONTEDERIACEAE					
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart)		♦			
SOLANACEAE					
<i>Nicotiana glauca</i> Graham	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Solanum nigrum</i> L.					♦
<i>Solanum rostratum</i> Dunal.	♦	♦			
<i>Datura stramonium</i> L.		♦			
TAMARICACEAE					
<i>Tamarix juniperina</i> L.	♦	♦	♦	♦	♦
TYPHACEAE					
<i>Typha latifolia</i> L.		♦			

Con base en el listado previo, en la Localidad 1 se registran 18 especies que del total 53 que se determinó su presencia en la localidad 2, 39; Localidad 3, 18; Localidad 4, 12 y finalmente la Localidad 5 con 34 especies.

De acuerdo a la información anterior se puede determinar que la Localidad 2 es la que presenta una mayor diversidad de especies. La siguiente Localidad en lo que ha diversidad de especies respecta es la 5, seguida por la 1 y 3, finalmente la Localidad 4 es la menos representada, debido a que es la localidad que ha sido reforestada. En estas tres últimas las condiciones que se presentan son parecidas, ambas han estado sujetas a programas de reforestación en menor o mayor escala, por lo que la diversidad de especies se ve muy reducida, en cambio la localidad 2, que es la de mayor diversidad se debe a que esta mejor conservada, en tanto que la localidad 5 que le sigue en diversidad es debido a que las condiciones físicas y químicas del suelo no son tan drásticas en cuanto al contenido de sales.

Especies de Interés Comercial

Actualmente el gobierno Federal, a través de la comisión del Lago de Texcoco a implementado una serie de acciones con la finalidad de darle un mejoramiento ecológico a la zona, así como el aprovechamiento de los recursos naturales. Este tipo de acciones involucra los programas de reforestación que se han establecido a través de la siembra de especies nativas e introducidas dentro de las cuales se citan las siguientes: *Tamarix juniperina*, *Nicotiana glauca*, y el pasto salado *Distichlis spicata* principalmente.

Por lo que dentro del área de construcción del relleno sanitario la vegetación que prolifera es la vegetación nativa y la que se ha implementado en dichos programas; no existiendo una explotación comercial de ninguna de las especies, ya que el objetivo primordial es mantener una cubierta vegetal permanente, para evitar que se levanten tolvaneras que arrastren grandes cantidades de polvo para la ciudad de México, ocasionando problemas respiratorios y dermatológicos a sus habitantes.

Señalar Si Existe Vegetación Endémica y/o en Peligro de Extinción

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial y que establece especificaciones para su protección, publicadas en el Diario Oficial de la Federación, el 16