

CARACTERIZACIÓN EDAFOLÓGICA DE LOS SITIOS DE PLANTACIÓN DEL PARQUE TEZOZÓMOC, DISTRITO FEDERAL

Juana Ma. Castro Servín¹, Belsabe Pérez Rodríguez¹,
Arizbeth González López¹, Erika L. Pérez Salgado¹,
Sarahí Cortez Vázquez¹ y Liliana Olivares López¹

RESUMEN

El Parque Cultural y Recreativo Tezozómoc, D. F. (PCyRT-D.F.) tiene gran importancia en el bienestar de los habitantes de la delegación Azcapotzalco del Distrito Federal y áreas circundantes, debido a que es un sitio cultural, de esparcimiento y de rescate ecológico. Está integrado por un lago central artificial rodeado de montículos que representan las sierras del Valle de México. En la actualidad presenta varios problemas, uno de los cuales es el impacto que en diferentes aspectos ejerce el área urbana. Se identifican como los principales enemigos de la vegetación en estas zonas a las plagas y enfermedades; otros factores importantes son: el vandalismo, utilización de aguas residuales en los riegos, rellenos sanitarios, microclima, contaminación ambiental y plantaciones realizadas con especies no adecuadas en suelos muy drenados o compactados. El estudio de caracterización edafológica del parque se realizó con 23 sitios. El muestreo de suelos se hizo a diferentes profundidades y en forma paralela se tomaron muestras de vegetación dominante, las cuales se procesaron en el Laboratorio de Tratamiento de Gases y Desechos Sólidos del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos "Miguel Othón de Mendizábal" (CECyT-MOM), los métodos aplicados en los análisis fueron los tradicionales para suelos y plantas. Los resultados indican que las propiedades físicas y químicas de los suelos son semejantes en todos los casos, como respuesta al tipo de material de relleno con el que se formaron, al agua de riego y a la contaminación ambiental; los mismos factores y efectos se observaron en la vegetación.

Palabras clave: Aguas residuales, contaminación, metales pesados tóxicos, Parque Tezozómoc, plantaciones urbanas, suelos artificiales.

Fecha de recepción: 11 de febrero de 2005.

Fecha de aceptación: 03 de noviembre de 2006.

¹ Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos "Miguel Othón de Mendizábal" (CECyT-MOM), IPN. Correo-e: castrojm@hotmail.com

ABSTRACT

The Tezozomoc Park is very important in Azcapotzalco county (Mexico City) and its surrounding areas, since it is an ecological reserve where cultural activities take place. Its artificial lake at the center of the park is surrounded by mounds that represent the Valley of Mexico. It faces several problems, one of which is the effect of the urban areas. Insect and disease problems are the major vegetation enemies; important factors, too, are vandalism, use of wastewaters for irrigation, sanitary refills, microclimate, environmental pollution and plantations with improper species over excessively drained and compacted soils. The edaphological description was made over 23 sites. Sampling was made at different depths and dominant vegetation samples were taken too, all of which were analyzed at the Gas Treatment and Solid-Waste Laboratory of the Miguel Othon de Mendizabal Scientific and Technological Center (CECyT-MOM), where conventional methods were followed. Results showed that the physical and chemical properties of the soils are similar in all cases, as a response to the kind of refill materials, to the irrigation waters as well as to the environmental pollution; the same factors and effects were observed on vegetation.

Key words: Sanitary water, pollution, toxic heavy metals, Tezozomoc Park, urban plantations, artificial soil.

INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista ecológico, la Ciudad de México se localiza en una zona donde la posición geográfica, altitud, topografía y condiciones edafológicas se combinan para dar lugar a un mosaico florístico muy variado.

Las culturas prehispánicas daban gran importancia a plantas y animales; así, los Mexicas contaban con bellos jardines entre los que destacaban: el Bosque de Chapultépec, lugar reservado para los emperadores; el jardín de Oaxtepec, que contenía todas las plantas tropicales del reino; además de los grandes y hermosos jardines en Texcoco, Iztapalapa y Coyoacán (Delegación Azcapotzalco, 1999-2000).

Durante la Colonia y hasta después de la Guerra de Independencia, Quevedo estimó que en 1794, la Ciudad contaba con áreas verdes equivalentes al 14% de su superficie total, mientras que para 1910, estos espacios se habían reducido a tan solo 2.8% (Delegación Azcapotzalco, 1999-2000).

En la actualidad se reconoce que las áreas verdes y el arbolado urbano cumplen una importante función en el mejoramiento de las condiciones de vida de los ciudadanos, al proporcionarle beneficios de carácter ambiental, mejoramiento estético del paisaje, reducción de contaminantes atmosféricos, amortiguamiento del ruido y mejores condiciones para la recreación.

A la fecha se ha detectado en el Distrito Federal una gran variedad de microclimas generados por los cambios de uso en áreas urbanas, en zonas industriales, degradadas y pavimentadas, los cuales modifican las condiciones ambientales del Valle de México.

Las especies que pueden vegetar más eficientemente bajo esta condición son: *Acacia melanoxylon* R. Br., *Alnus jorullensis* HBK., *Salix bonplandiana* Kunth, *Populus alba* L., *Araucaria heterophylla*, *Prunus serotina* J. F. Ehrh. Subsp. *capulli* (Cav.), *Casuarina equisetifolia* J. R., *Cupressus sempervirens* L., *Erythrina americana* Mill, *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Ficus carica* L., *Ficus elastica* Roxb., *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh., *Grevillea robusta* Cunn., *Jacaranda mimosaeifolia* D. Don, *Ficus retusa* L., *Liquidambar styraciflua* L., *Magnolia grandiflora* L., *Washingtonia robusta* Wendl., *Pinus leiophylla* Schltld., *Nerium oleander* L., *Salix babylonica* L., *Crataegus pubescens* (HBK.), *Ligustrum japonicum* Thunb. y *Taxodium mucronatum* Ten.

En el presente el reto es preservar en las ciudades un ambiente adecuado para la vida. Quizás, la estrategia a seguir sea el incrementar y mejorar las áreas verdes, incluyendo a parques, prados, jardines y bosques. La temperatura del centro de la ciudad es ligeramente más alta que en los suburbios, fenómeno que ha dado fin a las heladas en el interior, en tanto que hacia la periferia se llegan a presentar de 40 a 60 heladas anualmente (Lavín, 1998).

De acuerdo con la carta edafológica (escala 1:1,000,000) del Atlas Nacional del Medio Físico (Guevara y Moreno, 1987), en la Ciudad de México se tenían diferentes grupos de suelos como: Andosol, Litosol, Feosem, Solonchak y Solonetz, en la Delegación Azcapotzalco predominaba el grupo de los Feosem, suelos con una capa superficial muy oscura, suave y rica en materia orgánica y nutrientes, propicia para los cultivos agrícolas, siendo esta actividad la principal de los habitantes de la Delegación hasta finales de los años veinte; sin embargo, poco a poco se fue transformando en un espacio industrial, lo que propició cambios de uso de suelo y la utilización de diferentes materiales como medios de crecimiento para las diferentes especies plantadas en su territorio.

Por consiguiente es deseable llevar a cabo esfuerzos dirigidos a conservar la vegetación y promover una política de incremento, manejo y mejoramiento de las áreas verdes, que más tarde se reflejen en el bienestar de la población de la Ciudad de México.

Una de las construcciones artificiales importantes, es el Parque Cultural y Recreativo Tezozómoc, D.F. (PCyRT-D.F.), llamado así en honor al gran señor de Azcapotzalco, el cual se terminó de construir en 1982 y abarca una superficie de 17 mil metros cuadrados, es un lugar ideal para disfrutar la naturaleza, y de gran importancia en la zona norte del Distrito Federal. En la programación del

proyecto se tomó en cuenta la reminiscencia prehispánica, con base en los lagos de Tenochtitlán y conceptos modernos como son los de arquitectura del paisaje, con el propósito de motivar en los ciudadanos del presente siglo la admiración por su pasado histórico y presente.

A fin de contar con mejores elementos para la toma de decisiones sobre el diseño, establecimiento y mantenimiento de las áreas verdes del PCyRT-D.F y por presentar algunos problemas en las mismas, el objetivo de este estudio es evaluar los factores edafológicos que inciden en los posibles cambios de la vegetación, cobertura, microclima, así como el tipo de plantación realizada, como parte del rescate ecológico de la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y descripción del área de estudio

El Parque Tezozómoc abarca una superficie total de 17 mil metros cuadrados (Monografía 1999-2000), y se ubica en la Delegación Azcapotzalco al noroeste del Distrito Federal, colinda al norte y poniente con los municipios de Tlalnepantla y Naucalpan, del Estado de México; al sur con las delegaciones Cuauhtémoc y Miguel Hidalgo y al oriente con la Gustavo A. Madero. La Delegación Azcapotzalco tiene una superficie de 38 km² (2.2% del Distrito Federal); la mayor parte de la superficie es plana, con espacios habitacionales mezclados con numerosas industrias. Esta Delegación se caracteriza por tener niveles de contaminación moderados, con alta incidencia de tolvaneras. La oscilación de temperatura es alta, con escasa frecuencia de lluvias y nublados; seco en cuanto a humedad relativa y elevada presencia de heladas (Monografía 1999-2000).

El parque Tezozómoc se localiza a una latitud norte de 19°30' y longitud oeste 99°09'; a 2,250 msnm (Figura 1). De acuerdo con la estación meteorológica de Azcapotzalco, tiene dos tipos de climas el primero corresponde al tipo C(w₁), templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media y cubre 11.94% de la superficie delegacional, el segundo es un clima templado subhúmedo con lluvias en verano C(w₀), el cual abarca una superficie de 88.06% (Cuaderno Estadístico Delegacional, 2000).

La precipitación media anual es de 766.1 mm, concentrada entre julio y agosto (80%) y un periodo seco de diciembre a marzo en el que se registra 15% de la precipitación total anual. Una temperatura media anual de 16.9°C; la media mensual más baja se registra en enero (9.9°C) y la más alta en agosto (19.3°C). Las heladas ocurren entre diciembre y enero, son particularmente perjudiciales las que se presentan en la segunda quincena de este último mes.

Los suelos se formaron en el Cenozoico Cuaternario por lo que su origen es Aluvial y Lacustre, ubicados dentro del Eje Neovolcánico en donde existían los lagos y volcanes del Anáhuac (INEGI, 2000). En la actualidad los suelos que existen en el PCyRT-D.F. son de relleno sanitario compuesto principalmente por escombros y basuras diversas.

La vegetación predominante está compuesta por: árboles, arbustos, plantas de ornato y plantas acuáticas, de las que se pueden citar: *Eucalyptus citriodora* Hook., *E. camaldulensis*, *Populus alba*, *Cupressus lindleyi*, *P. radiata*, *P. patula*, *Ficus benjamina*, *Fraxinus* sp., *Schinus molle*, *Acacia decurrens*, *Quercus* sp.; algunos frutales como: *Prunus persica* L., *Citrus sinensis* L.; arbustos: *Ligustrum japonicum* y *Thuja orientalis* L., entre otros. Las herbáceas de ornato como *Rhododendron simsii* y *Cyperus papyrus* L. (especie acuática) (figuras 2 y 3).

Trabajo de campo

El área de muestreo se definió con base en recorridos preliminares y el mapa existente en la Oficina Administrativa del Parque Tezozómoc (Figura 4). Se establecieron 23 sitios, distribuidos por tipo de vegetación. La superficie total fue dividida en cuatro zonas quedando los sitios ubicados de la siguiente forma:

Primera zona	Sitios:	1, 2, 3 parte alta del bordo (3Pab), 3 parte baja del bordo (3Pbb), 21Pab, 21Pbb, 22 y 23
Segunda zona	Sitios:	4Pab, 4Pbb, 4 otro sitio en la parte baja del bordo (4Pcb), 5, 6Pab, 6Pbb, 7, 8Pab, 8Pbb y 12
Tercera zona	Sitios:	9, 10Pab, 10Pbb, 11 y 13
Cuarta zona	Sitios:	14Pab, 14Pbb, 15, 16Pab, 16Pbb, 17, 18, 19 y 20

El muestreo de suelo y vegetación se realizó en octubre de 2000 y concluyó en junio de 2001. En cada sitio se aplicó un muestreo estratificado con asignación proporcional al tamaño de la isla, y se ubicaron tres áreas en un transecto de 5 m, ubicados al norte. Se obtuvo 1 kg de cada capa de suelo, cuyo espesor fue variable de acuerdo a la profundidad hasta donde se encontró el cascajo; además, se recolectaron 100 g de las ramas con follaje de los árboles dominantes, las muestras se tomaron a una altura de 3 m a partir del suelo y se guardaron en una bolsa de papel con su etiqueta correspondiente.

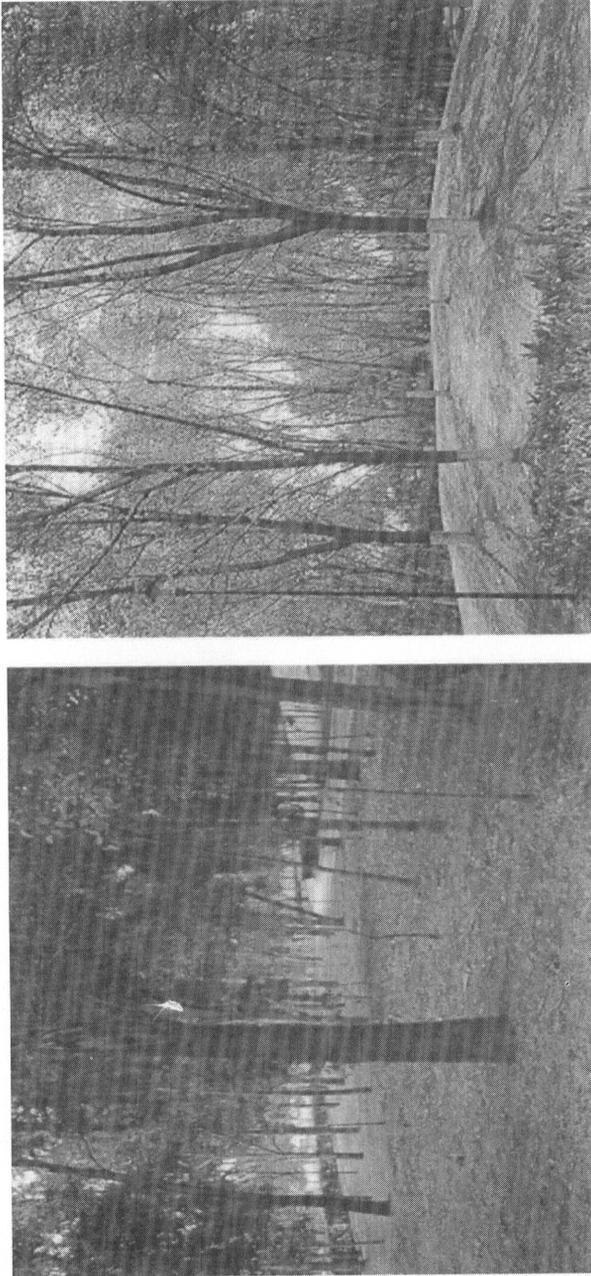


Figura 2. Vegetación del Parque Tezozómoc.

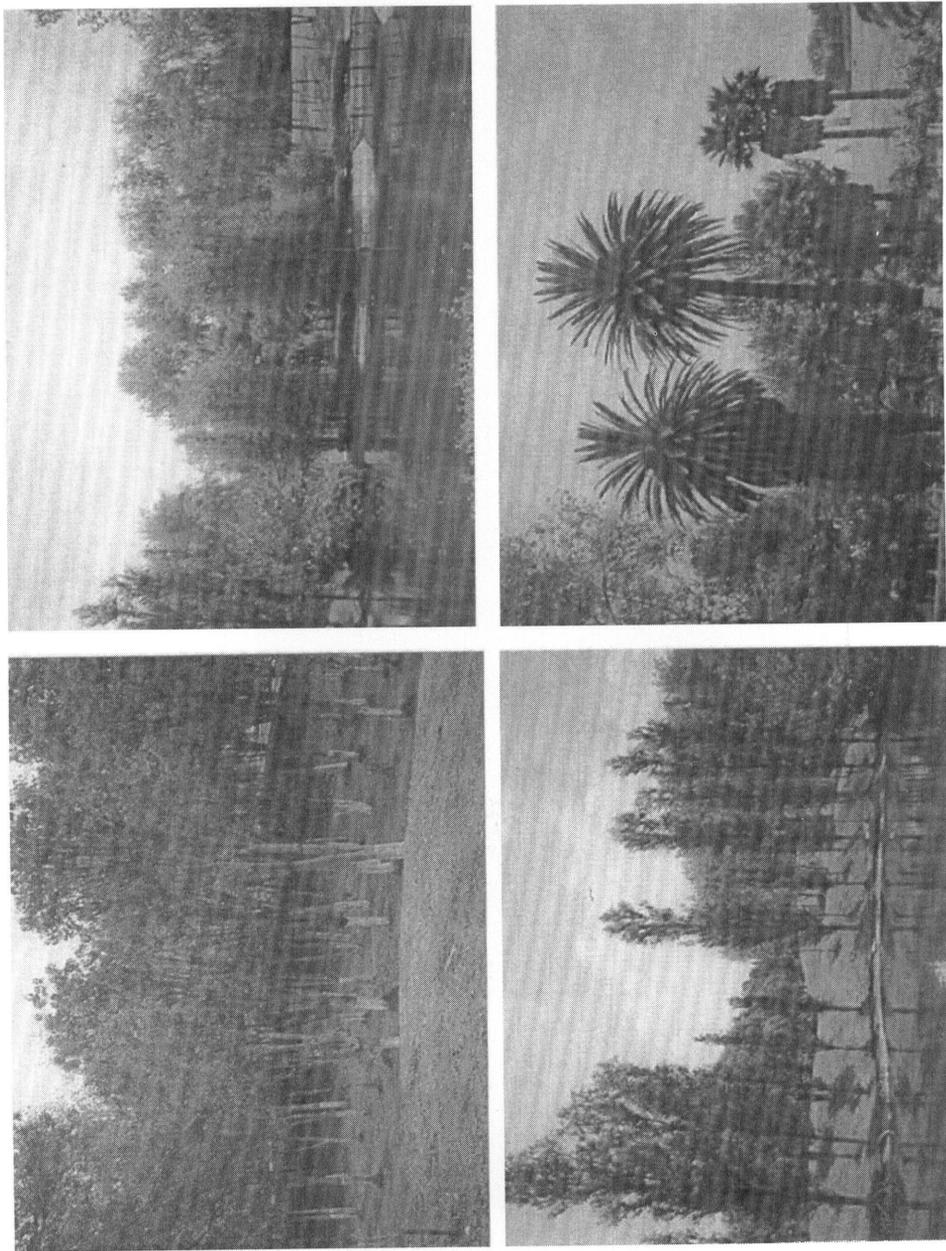


Figura 3. Vegetación arbórea del Parque Tezozómoc.

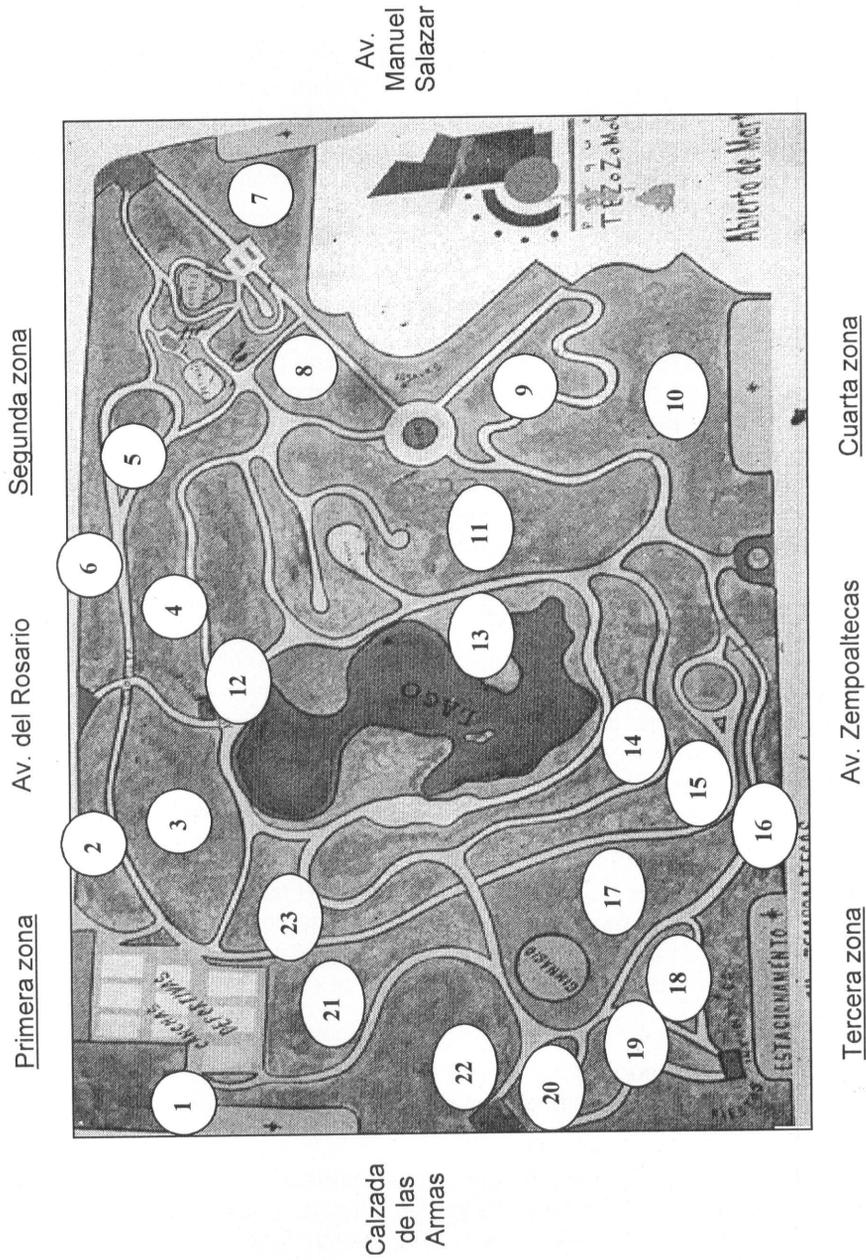


Figura 4. Localización de sitios de muestreo en el Parque Tezozómoc.

Trabajo de laboratorio

El material edafológico y vegetal se procesó en el Laboratorio de Tratamiento de Gases y Desechos Sólidos del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos "Miguel Othón de Mendizábal", dependiente del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Los análisis practicados en los suelos fueron: color, textura, densidad aparente (Da), conductividad eléctrica (C.E.), reacción pH, materia orgánica (M.O.), nitrógeno total (N_t), fósforo aprovechable (P), capacidad de intercambio de cationes (C.I.C.), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na) y potasio (K) intercambiables, mediante los métodos tradicionales de Aguilar *et al.* (1987). Los micro-elementos hierro (Fe), manganeso (Mn), y zinc (Zn); así como los metales tóxicos plomo (Pb), cromo (Cr) y cadmio (Cd) se analizaron por los métodos de Linday y Nervell (1978), con el ácido dietilen triamino penta acético (DTPA) como extractante, para el caso de los elementos químicos en plantas se usó una mezcla de ácido nítrico y perclórico (White *et al.*, 1959). La cuantificación se hizo con un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 5000 en el Laboratorio de Química del Ambiente del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (CENID-COMEF/INIFAP) en Coyoacán, D. F.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente trabajo se consignan y discuten los resultados más relevantes correspondientes a las propiedades químicas, así como a los elementos más significativos para cada uno de los sitios estudiados: reacción de pH, materia orgánica, nitrógeno y fósforo; para elementos y metales pesados el cadmio, manganeso, magnesio, zinc, cromo y plomo. En los cuadros 1, 2, 3 y 4, se resumen los resultados obtenidos de los análisis de los suelos muestreados por sitio, los cuales serán explicados de acuerdo al cuadrante donde se ubicaron.

En los sitios del primer cuadrante (Cuadro 1) el pH tiene una variación de 6.7 a 7.6 en las diferentes profundidades. La materia orgánica y el nitrógeno son altos en el sitio tres parte baja (3Pab) con un valor de 15.8 y 1.6% respectivamente, lo que indica que la materia orgánica se incorpora al suelo.

Los elementos Mn, Zn, Pb, Cr y Cd analizados en el sitio 2 muestran valores superiores a los resultados obtenidos en los otros lugares del mismo cuadrante, lo contrario sucede con el fósforo ya que sólo tuvo 2 ppm, pudiéndose deber a la presencia de Cr y Pb.

El plomo es un metal pesado común en las partículas de la atmósfera, el cual se acumula en el suelo; en este caso, se considera que las concentraciones determinadas responden a causas antropogénicas, ligadas principalmente a los ambientes urbanos (Elliott *et al.*, 1986) y a la composición del sustrato, ya que

Cuadro 1. Propiedades químicas de los suelos en los sitios de la Primera Zona.

A	B	C	Prof. cm	pH H ₂ O 1:2.5	M.O. N ₂ T %	C.I.C.	Ca	Mg	Na	K	P	Fe	Cu	Mn	Zn	Pb	Cr	Cd
1	--		0-20	7.6	5.7	63	36	12	1.9	1.3	6	15	24	5.4	2.3	16	21	0.2
2	E		0-20	7.3	4.7	41	24	8	1.3	4.5	2	34	33	5.3	7.5	32	46	1.4
3	Pa	A	0-20	6.7	7.7	53	30	10	1.2	3.2	6	21	15	3.7	3.9	21	53	0.1
3	Pb	CB	0-30	6.8	15.8	65	37	12	1.2	2.6	3	42	31	6.1	1.5	25	37	0.2
			30-60	7.0	10.1	41	24	8	1.3	1.8	10	23	25	6.0	1.1	15	20	----
			60-70	6.8	2.7	82	47	16	1.2	1.3	13	34	10	3.2	1.1	17	12	----
12	AU		0-30	7.0	1.0	44	25	8	1.3	4.3	10	31	23	5.0	2.7	28	19	0.2
21	Pa	P	0-20	6.8	4.3	50	31	11	1.0	3.2	18	25	10	1.2	1.4	10	16	0.4
21	Pb	E	0-25	7.2	3.0	50	33	9	1.2	2.9	18	31	26	0.7	1.2	6	10	0.1
22	E		0-10	7.5	5.4	54	34	12	1.3	2.8	15	35	29	1.1	2.1	13	18	0.1
23	A		0-20	7.3	4.7	51	27	10	1.1	4.6	20	28	27	1.6	1.5	18	21	0.1

A = Sitios; B = Parte alta (Pab) y Parte baja (Pbb); C = Vegetación; E = Eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), A = Álamo temblón (*Populus tremuloides* Michx.), CB = Cedro blanco (*Cupressus lindleyi*), AU = Ahuejote (*Salix bonplandiana*) y P = Pino (*Pinus radiata*).

proviene de materiales de construcción; la concentración máxima se determinó en el sitio 9 de la zona 4 con 54 ppm (Figura 5).

Las concentraciones de los elementos analizados en los sitios de la segunda zona fueron menores (Cuadro 2), que las correspondientes a la primera. Respecto a los contenidos de metales, sobresalió el sitio 7 con 41 ppm de plomo y 62 ppm de cromo, mientras que para el fósforo se registró 1 ppm.

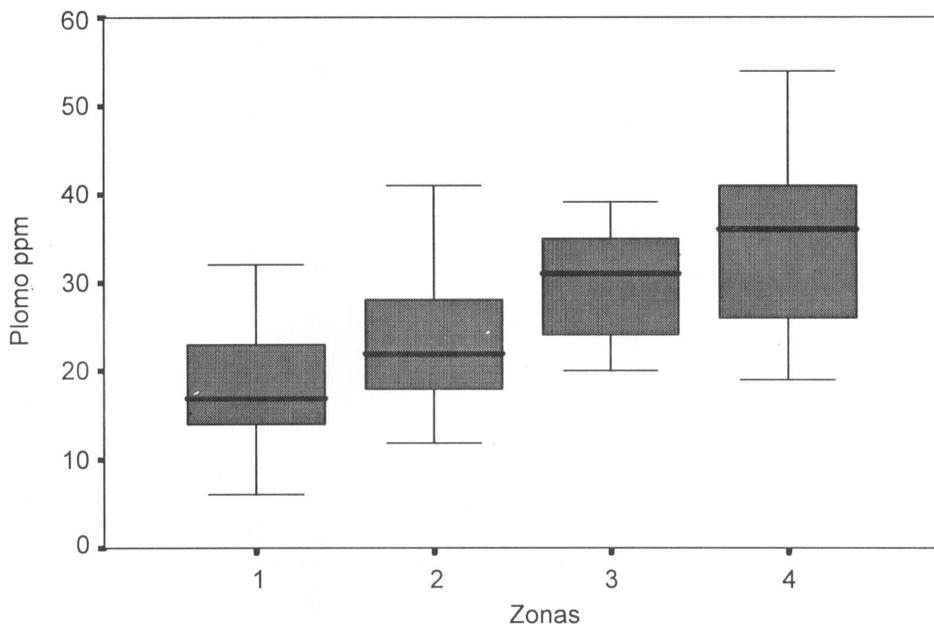


Figura 5. Distribución de Pb en Suelos en las diferentes zonas del Parque Tezozómoc.

Los sitios localizados en la tercera zona (Cuadro 3) tuvieron resultados semejantes en pH, M.O., N; así como en los metales pesados: Pb, Cr, Cd y Mn, lo que sugiere el depósito de material procedente de diversas fuentes tales como: la aérea de acuerdo a la exposición del sitio, el agua del lago usada para el riego y la materia absorbida de acuerdo al pH.

En la cuarta zona el pH es constante, ya que varía de 6.9 a 7.5, el valor predominante fue de 7.3 (Cuadro 4), las concentraciones de metales pesados se mantuvieron en todos los sitios, a excepción del Cr y Pb que fueron menores en

Cuadro 2. Propiedades químicas de los suelos en los sitios ubicados en la Segunda Zona.

A	B	C	Prof. cm	pH H ₂ O 1:2.5	M.O. N ₂ T %	C.I.C.	Ca	Mg	Na	K	P	Fe	Cu	Mn	Zn	Pb	Cr	Cd	
																			meq/100g
4	Pa	PI	0-25	6.6	1.0	0.1	40	24	8	1.3	3.2	16	22	18	2.5	1.5	25	22	0.5
			0-30	7.5	2.7	0.3	75	43	14	1.8	4.5	10	17	15	2.7	2.1	22	57	0.3
4	Pb	CB	30-60	6.8	3.5	0.3	80	45	15	1.1	1.3	16	15	19	2.9	1.2	27	32	0.1
			60-70	6.9	1.0	0.2	38	22	7	1.2	4.5	9	10	2	2.2	1.0	29	26	----
4	Pc	A	0-20	6.4	2.5	0.8	42	24	8	1.1	3.8	3	9	13	2.2	1.9	19	18	0.6
5	----	----	0-25	7.1	2.0	0.2	45	30	9	1.4	3.7	2	8	14	1.3	1.3	13	20	0.2
6	Pa	P	0-25	6.9	5.9	1.4	40	24	7	1.3	5.9	2	6	12	3.2	5.9	35	17	0.1
7	----	----	0-15	6.6	7.4	1.4	42	24	8	1.1	5.1	1	6	10	2.7	3.3	41	62	0.4
8	Pa	P	0-18	6.8	7.0	1.4	43	25	8	1.1	4.0	1	15	11	1.8	1.1	17	26	0.2
8	Pb	----	0-24	7.1	2.4	0.1	42	25	7	1.4	3.9	1	18	9	3.8	3.9	12	25	0.1
			24-30	7.1	2.5	0.1	45	26	9	1.5	5.2	2	16	1	3.7	1.8	19	17	----

A = Sitios; B = Parte alta (Pab) y Parte baja (Pbb y Pcb); C = Vegetación: A = Álamo (*Alamo temblón*), (*Populus tremuloides*), CB = Cedro blanco (*Cupressus lindleyi*), P = Pino (*Pinus radiata*) y PI = Pirú (*Schinus molle*).

Cuadro 3. Propiedades químicas de los suelos en los sitios ubicados en la Tercera Zona.

A	B	C	Prof. cm	pH H ₂ O 1:2.5	M.O. N ₂ T		meq/100g							ppm						
					%		C.I.C.	Ca	Mg	Na	K	P	Fe	Cu	Mn	Zn	Pb	Cr	Cd	
14	Pa	----	0-20	6.9	6.1	0.8	42	28	7	1.1	5.9	3	10	7	1.9	1.2	38	34	0.1	
14	Pb	PI	0-20	7.2	4.1	0.3	49	28	8	1.3	6.1	6	9	14	2.1	1.8	32	48	0.1	
15	Pa	----	0-25	7.4	5.8	1.1	70	40	17	1.2	5.4	10	9	15	2.8	1.5	31	37	0.2	
			25-60	7.7	2.8	0.1	52	39	10	1.5	6.8	5	18	5	1.0	1.0	39	25	---	
16	P	----	0-19	7.4	4.8	0.8	57	32	12	1.4	5.2	7	14	13	2.7	4.7	35	22	----	
17	CB	----	0-20	6.7	6.5	1.3	82	47	15	1.1	5.1	15	16	6	2.9	2.7	22	35	0.1	
18	----	----	0-15	7.4	4.6	0.5	48	26	6	1.2	6.2	9	8	16	3.0	3.2	20	26	----	
19	P	----	0-15	7.2	5.9	0.8	49	28	8	1.1	5.8	12	6	12	3.1	5.8	27	27	0.1	
20	----	----	0-10	7.1	5.5	0.7	47	27	7	1.0	5.2	9	8	11	2.1	2.1	24	30	0.3	

A = Sitios; B = Parte alta (Pab) y Parte baja (Pbb); C = Vegetación: CB = Cedro blanco (*Cupressus lindleyi*), P = Pino (*Pinus radiata*) y PI = Pirú (*Shinus molle*).

Cuadro 4. Propiedades químicas de los suelos en los sitios ubicados en la Cuarta Zona.

A	B	C	Prof. cm	pH H ₂ O 1:2.5	M.O. N ₂ T %	C.I.C.	Ca	Mg	Na	K	ppm							
											P	Fe	Cu	Mn	Zn	Pb	Cr	Cd
9	P	0-30	6.9	3.7	0.2	33	19	6	1.6	2.1	3	29	1.6	2.5	5.8	45	75	0.1
		30-60	7.4	2.8	0.2	37	18	6	1.3	1.8	6	41	1.2	1.1	3.7	26	31	----
10	Pa	0-15	7.2	3.0	0.2	40	25	8	1.3	4.2	3	25	2.2	2.7	7.9	54	61	0.5
10	Pb	0-30	7.3	4.3	0.3	45	25	9	1.7	5.0	6	18	2.3	3.0	5.2	37	57	0.3
		30-60	7.3	1.6	0.1	45	25	9	1.4	2.5	3	24	1.9	1.5	1.8	26	25	0.1
11		0-20	7.3	4.7	0.6	36	18	5	1.1	6.2	6	17	1.4	3.8	3.9	36	58	----
13	AU	0-30	7.5	2.4	0.1	42	24	8	1.8	6.2	6	18	1.7	3.7	3.7	19	59	----

A = Sitios; B = Parte alta (Pa) y Parte baja (Pb); C = Vegetación: P = Pino (*Pinus radiata*) y AU = Auhuejote (*Salix bonplandiana*).

los sitios 11 y 13. El pH ácido 5.5 a 6.2, es una propiedad química que favorece la solubilidad de algunos metales pesados como el Zn, Fe, Mn, etc. (Buckmann y Brady, 1969). Lo contrario se presenta cuando el pH es de 7.1 a 7.6, en este caso los metales son inmóviles y tienden a acumularse en el suelo.

Cabe señalar que la mayoría de los sitios se ubicaron cercanos a vialidades amplias con gran circulación vehicular; en algunos estudios se ha demostrado que las altas concentraciones de Zn, Cd, Cr y Pb existentes en lugares adyacentes a ciudades en donde hay avenidas transitadas, provienen de los automotores que por ellas circulan (González y Esquivel, 1981). Dichos metales tienen su origen en el desgaste mecánico de las partes del motor y en la combustión de gasolina y aceite, cuyos residuos son descargados a la atmósfera en forma de gases.

Con respecto al análisis químico de la vegetación (Cuadro 5), en general se detectaron altas concentraciones de Pb y Fe, como se muestra en las figuras 6, 7, 8 y 9 sin considerar que los resultados presentan un patrón, se observó que el cedro blanco, el eucalipto y el ahuejote absorbieron mayor cantidad de dichos elementos, lo que podría deberse al efecto de riego con aguas del lago y al tipo de suelo artificial (cascajo), además de la contaminación ambiental.

En la tercera zona *Pinus radiata* no tuvo cadmio, lo que probablemente se deba a que el pH del sitio fue de 7.2, y en estas condiciones los metales tienden a acumularse en el suelo.

El Pb y Fe se detectaron en mayor proporción en las plantas (Figura 7), que en el suelo (Cuadro 2), lo que indica la existencia de pH más ácidos que favorecen su absorción.

Burton *et al.* (1983), señalan que los vegetales tienen mayor impacto de toxicidad por metales en los tallos, como el cadmio que actúan a nivel metabólico, bloqueando los conductos del xilema; y otros como el cromo, son tóxicos a bajas concentraciones. Los contenidos de cobre en las plantas por lo general son de 5 a 20 ppm, valores mayores pueden afectarlas; en el Parque Tezozómoc existen diferentes especies de plantas con valores superiores a las 20 ppm.

Existen muchos factores fisiológicos y no fisiológicos que intervienen en el desarrollo de las plantas, por lo que es difícil correlacionar con exactitud su crecimiento con las características de los suelos. Esto indica que se requieren hacer estudios más precisos sobre metales pesados para determinar su traslocación en las plantas y su posible fitotoxicidad, como podría ser la del plomo que se presenta cuando su concentración es alta (Figura 10).

Cuadro 5. Concentraciones de los elementos químicos analizados en las especies arbóreas en la vegetación del Parque Tezómoc.

Sitios	Vegetación	%							Ppm						
		N	P	K	Mg	Cu	Fe	Zn	Pb	Cr	Cd				
Cuadrante I	PT	0.41	0.70	3.81	0.85	30	157	5.3	125	1.2	0.3				
	SB	0.43	1.04	3.64	0.75	26	98	3.5	122	1.7	0.1				
	CL	0.23	1.10	1.47	0.16	34	215	3.7	201	1.4	0.2				
	EC	0.29	0.99	1.94	0.76	37	243	4.3	135	2.1	0.9				
Cuadrante II	P	0.16	1.07	0.86	0.05	16	192	1.2	44	2.5	1.0				
	PT	0.44	0.47	1.70	0.99	32	197	5.2	132	1.5	0.6				
	CL	0.36	0.77	3.87	0.11	35	284	3.6	235	2.4	0.7				
	SM	0.53	0.84	2.91	0.47	8	108	4.2	121	2.7	0.6				
Cuadrante III	P	0.30	0.79	3.39	0.10	13	175	1.4	50	2.1	0.3				
	CL	0.23	0.83	1.09	0.9	33	204	6.9	225	3.4	1.0				
	SM	0.41	1.06	3.28	0.35	9	199	4.3	110	2.1	0.5				
	P	0.20	1.05	2.99	0.12	11	285	2.6	56	1.9	---				
Cuadrante IV	SB	0.31	0.38	3.85	0.06	21	306	7.5	220	3.7	1.1				
	P	0.26	0.53	1.37	0.07	16	173	1.3	61	2.3	0.4				

Claves de la vegetación: *Populus tremuloidea* = PT; *Salix bonplandiana* = SB; *Cupressus lindleyi* = CL; *Eucalyptus camaldulensis* = EC; *Pinus radiata* = P; *Schinus molle* = SM.

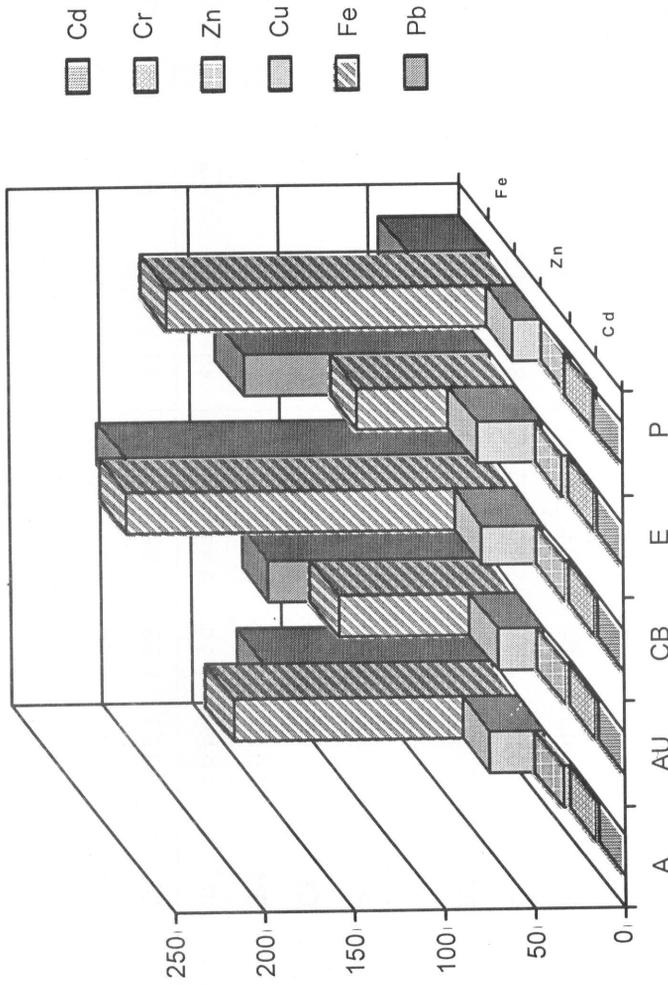


Figura 6. Contenido de metales en la vegetación de la Primera Zona.

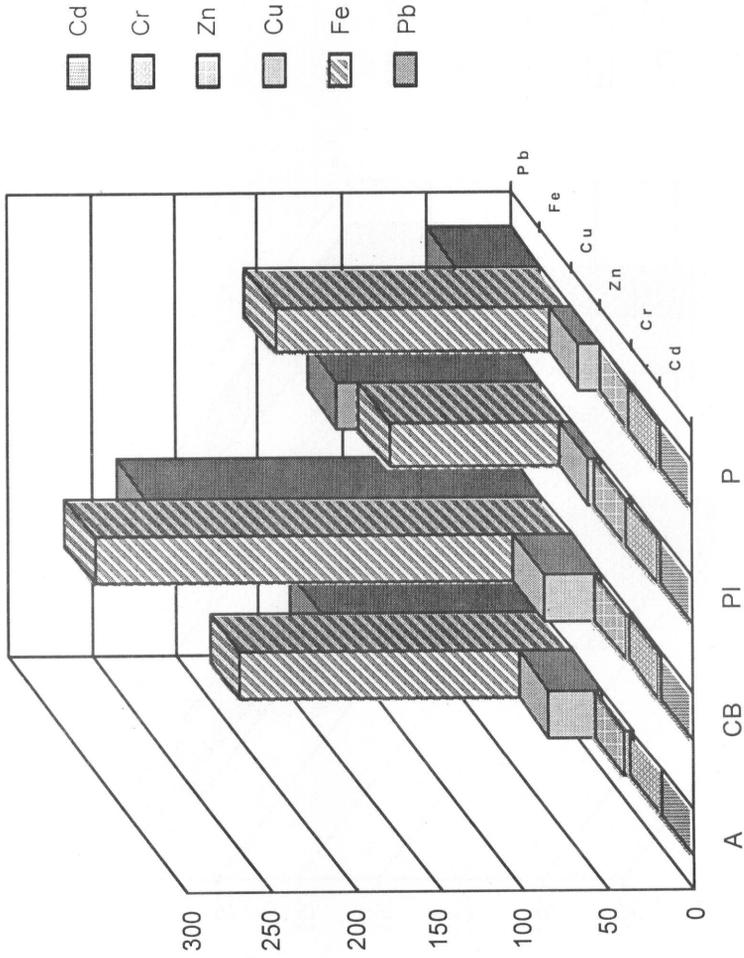


Figura 7. Contenido de metales en la vegetación de la Segunda Zona.

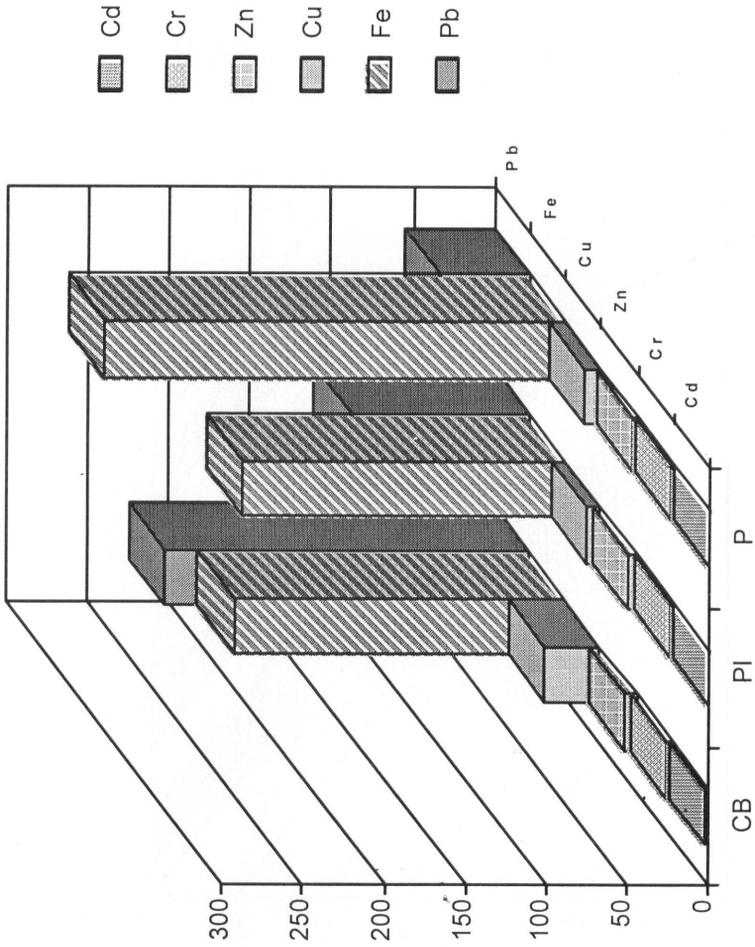


Figura 8. Contenido de metales en la vegetación de la Tercera Zona.

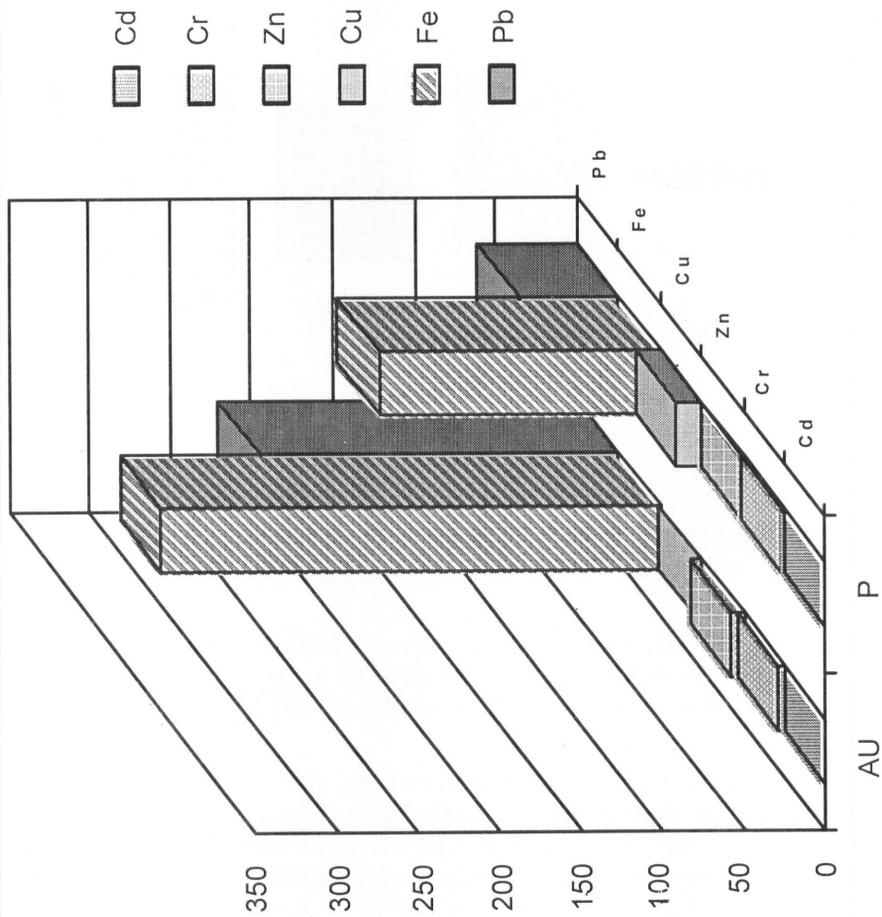


Figura 9. Contenido de metales en la vegetación de la Cuarta Zona.

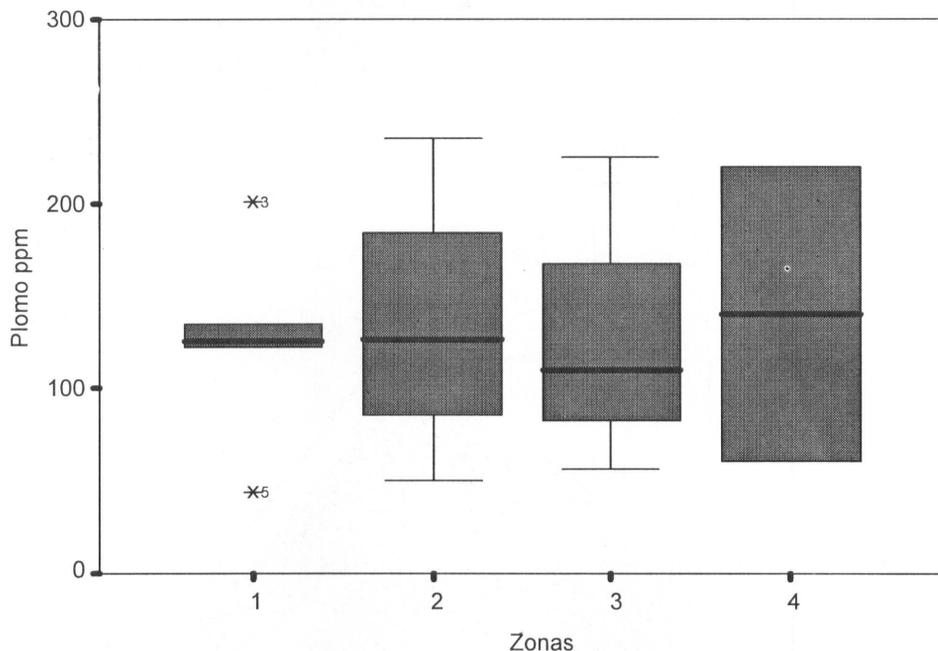


Figura 10. Distribución de Pb en la vegetación de las cuatro zonas de muestreo en el Parque Tezozómoc.

En los sitios donde predomina *Eucalyptus camaldulensis* se nota la aplicación de corta de árboles; el impacto humano es evidente en la periferia por la formación de caminos; no obstante, se requiere el derribo de individuos inclinados y el control de plagas.

Populus tremuloides y *Cupressus lindleyi* tienen alta densidad de población en las partes bajas de algunos sitios, provocando con esto que los rayos solares no penetren y, por lo tanto, la escasez de pasto. El suelo presenta compactación y deficiencia muy marcada de drenaje, en algunas partes aflora el material de relleno (cascajo); se necesita un aclareo y movimiento del suelo, adición de materia orgánica compostada procedente de residuos vegetales, además de replantación de pasto.

La plantación de *P. radiata* se ve en mal estado y el suelo está muy erosionado. Los pinos generalmente se desarrollan en suelos ácidos, y en el parque Tezozómoc varía de 7.0 a 7.7, por lo que se recomienda suministrar la composta anteriormente descrita y después adicionar azufre para disminuir el pH.

En los sitios donde se localiza el ahuejote, el suelo es un factor importante en el desarrollo de la especie; se caracteriza por estar compactado y muy húmedo, razón por la cual se sugiere mover el suelo para propiciar su aëración y circulación del agua; destaca una alta incidencia de plagas en estos árboles.

CONCLUSIONES

Las características físicas de los suelos del Parque Tezozómoc son muy semejantes en todos los sitios muestreados, debido principalmente a que provienen de relleno sanitario.

Los metales con mayores concentraciones fueron el Cr y Pb en los sitios de las cuatro zonas, en respuesta al tipo de material de relleno (cascajo) utilizado como suelo y al tránsito vehicular.

Los contenidos de Fe y Pb fueron mayores en *Cupressus lindleyi*, en el segundo cuadrante con concentraciones de 284 ppm y 235 ppm, respectivamente.

El magnesio se presentó en cantidades suficientes en el suelo, pero deficientes en la vegetación arbórea.

En general, el tipo de sustrato que soporta la vegetación arbórea en los sitios de plantación del parque requiere de un manejo integrado físico y químico mediante el suministro de materia orgánica y fertilización; de acuerdo a los resultados, los elementos propuestos son: nitrógeno, fósforo, magnesio y azufre para disminuir el pH sobretodo en aquellos sitios donde es mayor de 7.0.

REFERENCIAS

- Aguilar A., S., J. Etchevers D. B. y J. Castellanos Z. R. 1987. Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Publicación Especial No. 1. México, D.F. pp. 1-207.
- Aguilera H., N. 1989. Tratado de edafología de México. Tomo 1. Publicaciones Ciudad Universitaria. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. 222 p.
- Buckman H., O. and N. Brady C. 1969. The nature and properties of soil. The Macmillan Company. Toronto, Canada. 653 p.
- Burton K., W., E. Morgan and A. Roig 1983. The influence of heavy metals upon the growth of sitks- spruce in south wales forests. Plant & Soils No. 73 Dr. W. Junk Publishers. New York. NY. USA. pp. 327-336.
- Castro S., J., V. González K. y T Hernández T. 1993. Determinación preliminar de algunos metales pesados en los suelos del Desierto de los Leones. In: Memorias del Congreso Mexicano Sobre Recursos Forestales. Soc. Mex. Rec. For. A. C. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. México. 59 p.

- Coutiño A., M. 1989. Acumulación y traslocación de plomo en vegetación, en una zona urbana del Distrito Federal. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. 237 p.
- Elliott H., A., M. Liberati R. and C. Huang P. 1986. Absorción competitiva de metales pesados en suelos. *Jour. Environ Qual.* 15(3): 214-219.
- Falcón, Y., L. Nuño y L. Sánchez M. 1992. Metales pesados en PM-10 colectados en el NE, NO, SE, SO y zona metropolitana de la Ciudad de México. *In: VIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, A. C. Cocoyoc, Mex.* pp. 523-526.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F. 253 p.
- Guevara, S. y P. Moreno. 1987. Áreas verdes en la zona metropolitana de la Ciudad de México. *In: Garza, G. (Comp.). Atlas de la Ciudad de México.* Departamento del Distrito Federal. Colegio de México. México, D.F. pp. 231-236.
- González P., A. y B. Esquivel H. 1981. Cuantificación de metales pesados en suelos y plantas del D. F. *Rev. Soc. Quim. Mex.* 25 (4): 483-487.
- González, M. y B. Moctezuma P. 1999-2000. Ciudad de México. Delegación Azcapotzalco. Monografía. Edición Delegacional. México, D.F. pp. 7-74.
- Hernández G., R. y C. Lombardo C. 1987. Deficiencias de macronutrientes en *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Morelet. Barr. & Golf. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 109 p.
- Honorato R., P. 2000. Manual de edafología. Universidad Católica de Chile. Alfaomega Grupo Editor, S. A. de C. V. Chile. pp. 31-55.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2000. Azcapotzalco Distrito Federal. Cuaderno Estadístico Delegacional. Publicación única. México, D.F. pp. 3-14.
- Larcher, W. 1995. *Physiological plant ecology.* Springer Verlag, Berlin, Germany. 506 p.
- Lavin, M. 1998. Cambios en las áreas verdes de la zona metropolitana de la Ciudad de México. Instituto de Ecología, UNAM. México, D.F. 100 p.
- Lim C., H. and M. Jackson L. 1982. Disolution for total element analysis. *In: Page, A. L. et al. (Eds.). Methods of soil analysis.* Madison, WI. USA. pp. 1-12.
- Lindsay W., L. and W. Norvell A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42: 421-428.
- Robles B., R., R. Godoy L., C. González M. y B. Moctezuma P. 2000. Ciudad de México. Delegación Azcapotzalco. Monografía 1999-2000. Edición Delegacional. México, D.F. pp. 7-74.
- Ruiz F., J. F. 1991. Causas y consecuencias de la contaminación del suelo. *In: Mesa redonda, noviembre de 1990.* Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 63 p.

- Salisbury F., B. and C. Ross. W. 1992 Plant physiology. Wadsworth Publishing. Co., USA. 682 p.
- Sarkunan, V., A. Misra K. and P. Nayar K. 1989. Interaction of zinc, copper and nickel in soil on yield and metal content in rice. Jour of Envir. Sci Health 24(5): 459-466.
- White, A., P. Handler and E. L. Smith. 1959. Principles of biochemistry. Mc Graw Hill. New York, NY. USA. 1106 p.