

METALES PESADOS EN LOS SUELOS DEL DESIERTO DE LOS LEONES, DISTRITO FEDERAL

Castro Servín Juana Ma.*
González Kladiano Verónica**
Hernández Tejeda Tomás*

RESUMEN

La declinación que presenta actualmente la vegetación forestal del Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones (PCyRDL), en el Distrito Federal, radica en el suelo puesto que éste juega un papel muy importante durante el desarrollo de dicho fenómeno y en principio, constituye el medio natural de sostén y nutrición de la vegetación. Se han señalado como posible agente causal del deterioro de la vegetación forestal a la contaminación ambiental, producida en la Ciudad de México, y a algunos otros factores tales como: la falta de manejo forestal del bosque y a la excesiva extracción de agua de los mantos acuíferos, entre otros. Debido a la escasa información existente sobre los suelos del PCyRDL, se llevó a cabo un estudio con el fin de determinar el contenido de algunos metales pesados tóxicos y de diversas propiedades químicas del suelo. Se determinaron siete áreas de muestreo de acuerdo con sus características edafológicas y de vegetación. Se realizaron varios muestreos en tres sitios de cada área, a tres diferentes profundidades. Las muestras de suelo se procesaron en el laboratorio de suelos del Centro Nacional de Investigaciones Disciplinarias en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (CENID-COMEF) y se analizaron con un equipo de plasma.

Los resultados preliminares indican que las concentraciones más elevadas de metales pesados, a excepción del aluminio, se observaron en la parte más baja del parque y por el contrario, las menores concentraciones de Cu, Zn, Fe, Pb, Cr y Cd, se presentaron en la parte más alta.

* Investigador Titular del CENID-COMEF, INIFAP, SAGDR

** Investigador Titular del CIR-Centro, INIFAP, SAGDR.

Palabras clave: Contaminación de suelos, metales pesados, suelos forestales, Desierto de los Leones, Distrito Federal.

ABSTRAC

The forest decline in the "Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones" (PCyRDL), Distrito Federal, probably resides in the soil, because it plays a very important role during the development of such phenomenon, and at the same time the soil constitutes the natural way of support and nutrition of the vegetation. It have been point as a possible causal agent of the forest decline to the air pollution generated in México City, and to same other factors such as: lack of forest management and to the excessive water extraction from the park. Due to the lack of information about the soil of the PCyRDL, it was carried out a study with the objective of determinate the content of some toxic heavy metals and some chemical properties of the soils. Seven areas of sampling, according with their soil and vegetation characteristics were determinated. Several soil samples at three sites and three different depths were taken. The soil samples were processed in the soil laboratory of the "Centro Nacional de Investigaciones Disciplinarias en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales" (CENID-COMEF) and they were analyzed with a plasma equipment.

The preliminar results show that the higher concentrations of heavy metals, excluding the Al, were present in the lower part of the forest park and on the contrary, the lower concentrations of Cu, Zn, Fe, Pb, Cr and Cd, were present in the higher part of the park.

Key words: Soil pollution, heavy metals, forest soils, Desierto de los Leones, Distrito Federal.

INTRODUCCIÓN

Investigaciones científicas sobre el deterioro de recursos forestales aledaños a ciudades, se iniciaron en Europa, particularmente en Alemania, a principios de los años 70, en donde se observó una declinación en varias especies de importancia comercial: *Abies*

alba, *Pinus sylvestris*, *Fagus sylvatica* y *Picea abies* (Alvarado, 1991)¹. Hinrichson, citado por Alvarado (*op. cit.*), señala que en Hungría, Suecia, Bélgica, Francia, Reino Unido, España e Italia, se presentan áreas de bosque con las mismas características de deterioro que en Alemania. Este fenómeno ha afectado millones de hectáreas en los Estados Unidos de América y Canadá

En México, específicamente en la zona del Ajusco, D. F., la vegetación arbórea presenta daños ocasionados por gases oxidantes (Hernández T. y Bauer, 1982)². En el Desierto de los Leones, D. F.; a partir de 1982, se han observado daños muy severos por oxidantes fotoquímicos en *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., especie de gran importancia ecológica en la zona sur del Distrito Federal.

Se han buscado las causas del deterioro de la vegetación en factores externos; sin embargo, no se ha considerado la importancia del suelo, siendo éste la fuente natural de sostén y nutrición. Por lo señalado, se juzgó pertinente analizar el contenido de metales pesados tóxicos en el suelo, con el objeto de conocer su relación con la vegetación existente.

La presencia de las masas de aire contaminado, procedentes de la Ciudad de México, pueden considerarse como una de las causas posibles de la declinación y muerte masiva de dicha especie. A su vez, algunos factores secundarios como el manejo forestal inadecuado, la excesiva extracción de agua de los mantos acuíferos y la presencia de plagas y posibles patógenos bióticos, pueden estar actuando de manera sinérgica para provocar los síntomas de deterioro.

Las emisiones de metales pesados a la atmósfera provienen de los procesos de combustión que contienen Cr, Cu, Zn, Fe, Al, Cd y Pb, los cuales pueden estar en forma de partículas muy finas y en ocasiones se presentan en forma gaseosa (Pb y Cd). Dichas partículas o aerosoles pueden ser transportados por el viento a grandes distancias. Al depositarse ocurre una disolución parcial o total, permaneciendo adheridos al suelo o en solución con éste.

¹Alvarado R., D.; L.I. de Bauer y J. Galindo A. 1991. Declinación y muerte del bosque de oyamel en el sur del Valle de México, pp. 123-143.

²Hernández T., T. y L. I. de Bauer. 1982. Daños por gases oxidantes en pinos y avena, reconocimiento y evaluación en el Ajusco, D.F. pp. 19-28.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y descripción del área de estudio.

El Parque Recreativo y Cultural Desierto de los Leones, está ubicado en la Delegación Cuajimalpa, D. F., al suroeste de la Ciudad de México, a una altitud que va de los 2,800 a los 3,800 msnm (Figura N° 1). El clima predominante, según Köppen modificado por García (1981)³, es templado subhúmedo con lluvias en verano; la precipitación media anual es de 1,324 mm; la temperatura mínima es de 8.4° C y la máxima de 12.7° C; con vientos dominantes del noroeste y noreste, lo que corresponde a un clima C(W2)(b)ig.

Los suelos son profundos, ricos en materia orgánica, de textura franco-arcillo-arenosa a arcillo-limosa; según la clasificación del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), se trata de regosoles éutricos.

La vegetación predominante es: *Abies religiosa* Schl. et Cham., *Pinus patula* Schl. et Cham., *P. hartwegii* Lindl., *Quercus laurina* HBK., *Q. mexicana* HBK. y *Q. microphylla* Neé. Otras especies presentes son: *Prunus serotina* Ehrh ssp. *capuli* (Cav) Mcbaugh., *Alnus firmifolia* Fern., *A. jorullensis* HBK., *Arbutus glandulosa* Mart. & Gal., *Buddleia cordata* HBK. y *B. parviflora* HBK.

Trabajo de Campo.

El área de muestreo se definió con base en los mapas edafológico y de vegetación del INEGI. Se determinaron siete áreas de muestreo en las siguientes localidades:

- Convento y Cañada de San Miguel, con una vegetación asociada de oyamel-pino (*Abies religiosa*-*Pinus* sp.).
- Agua de Leones, Cruz Blanca y Cruz de Coloxtitla, con vegetación predominante de *Abies religiosa*.
- Cruz de Colica, con pinos únicamente, y
- Área Cementerio con una plantación de *Pinus ayacahuite* Ehr., *P. patula* Schl. et Cham., *P. radiata* Don. y *P. montezumae* Lam. establecida en 1986.

³García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.

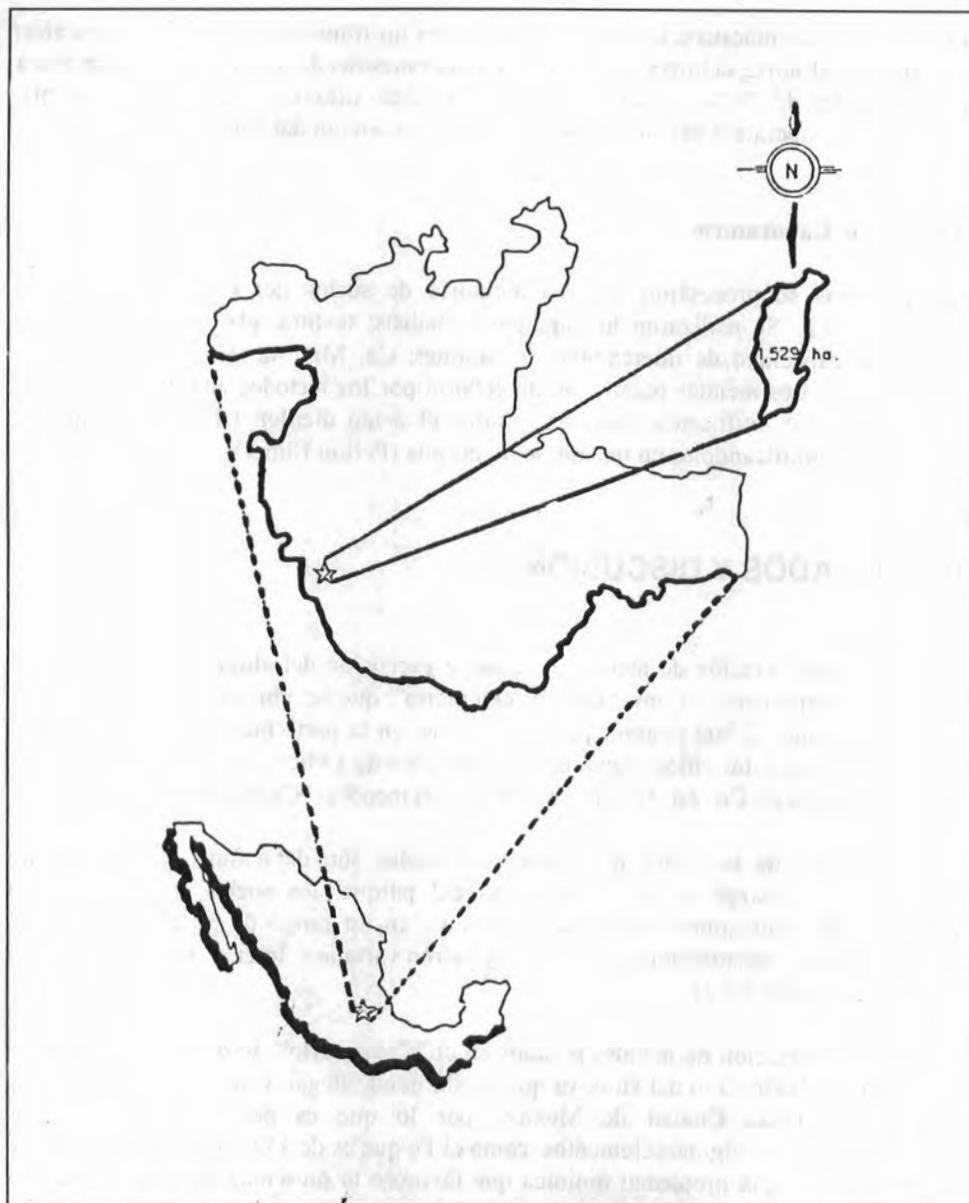


Figura N° 1. Ubicación del área de estudio del Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones.

En cada área de muestreo se ubicaron 3 sitios en un transecto de 50 metros lineales, ubicándolos al norte, centro y sur. Se obtuvieron muestras de un kilogramo cada una a profundidades de: 0-20, 20-40, 40-60 cm. En cada sitio se tomaron datos de pH, humedad y temperatura del suelo, así como de la exposición del sitio.

Trabajo de Laboratorio

Las muestras se procesaron en el laboratorio de suelos del CENID-COMEF en Coyoacán, D.F. Se realizaron los siguientes análisis: textura, pH, materia orgánica, nitrógeno, capacidad de intercambio de cationes, Ca, Mg, Na, K, con los métodos tradicionales. Los metales pesados se analizaron por los métodos analíticos de Lim y Jackson (1982)⁴, utilizando como extractante el ácido dietilen triamino pentacético (DTPA) y cuantificándolos en un equipo de plasma (Perkin Elmer).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mayor concentración de metales pesados, a excepción del aluminio, se observó en las áreas denominadas "Convento" y "Cementerio", que se ubican en la parte más baja del parque (2.900 msnm); por el contrario, en la parte más alta (3.600 msnm), que corresponde a los sitios: Agua de Leones, Cruz de Colica, Cruz de Coloxtitla, las concentraciones de Cu, Zn, Fe, Pb, Cr, Cd, fueron menores (Cuadro N° 3).

En la mayoría de los sitios de estudio, los suelos son de textura migajón arcillo arenosa, sin embargo en las partes altas del parque, los suelos son francos. La capacidad de intercambio catiónico se mantuvo en un rango de 35 a 58 meq/100g. Asimismo, las concentraciones de Ca y Mg fueron variables, lo cual no ocurrió con el Na y el K (Cuadro N° 2).

La alta concentración de metales pesados en el "Cementerio", se debe posiblemente a la exposición barlovento del sitio, ya que es ahí donde llegan y se retienen los vientos procedentes de la Ciudad de México, por lo que es posible encontrar altas concentraciones de algunos elementos, como el Fe que es de 153.7 ppm (Cuadro N° 3). El pH ácido es una propiedad química que favorece la presencia de algunos metales

⁴Lim, C. H. and Jackson, M. I., 1982. Dissolution for total element analysis. In: Page, A. L. et. al. (eds.) Methods of soil analysis, pp. 1-12.

pesados (Zn, Fe, Mn, Al) en los suelos, ya que los solubiliza y los hace más tóxicos para las plantas, como se observa en el "Cementerio" (Cuadro N° 1 y Figura N° 2).

SITIO	Uso de suelo (vegetación)	pH (1:2.5)	M.O. (%)	N.T. (%)	C/N
Agua de Leones	Oyamel	5.3	4.9	0.8	3.5
Cruz Blanca	Oyamel	5.9	9.5	0.5	11.8
Cruz de Colica	Pino	5.4	8.2	0.6	8.5
Cruz de Coloxtitla	Oyamel	5.6	6.9	0.4	9.5
Convento	Oyamel-Pino	5.9	4.9	0.3	8.7
Cañada San Miguel	Oyamel-Pino	5.8	4.9	0.5	15.1
Cementerio	Plantaciones	5.7	12.8	0.6	12.5

Cuadro N° 1. pH, materia orgánica (M.O.), nitrógeno total (N.T.) y relación carbono/nitrógeno (C/N) en siete sitios del Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones, D. F.

Por otro lado, la relación C/N es de moderada a alta, de modo que la proporción mayor se encontró en "Cañada de San Miguel" (15.1%) y "Cementerio" (12.5%), localidades con altitud intermedia, y con vegetación de pino/oyamel y plantación de pino, respectivamente.

La proporción de materia orgánica encontrada en los suelos se debe en parte al tipo de vegetación y/o a la materia orgánica humificada que otorga la acidez al suelo (Cuadro N° 1 y Figura N° 3)

El aluminio es poco soluble en pH ácido; esto puede ser la causa de la cantidad encontrada en el suelo de los sitios estudiados. En pH menores, apreciables cantidades de aluminio, fierro y manganeso, son solubles, tanto más que pueden resultar extremadamente tóxicos para ciertas plantas (Buckman y Brady, 1969).

Cuando las concentraciones de aluminio y fierro son elevadas, exceden grandemente a la de los iones fosfato (PO_4) formando fosfato insoluble. Al disminuir las cantidades de fósforo en el suelo, se puede reducir la división celular y por lo tanto afectar el

SITIO	Textura	C.I.C	Ca	Mg (meq/100g)	Na	K
Agua de Leones	mig-arc-are	35	21.5	0.3	0.3	0.1
Cruz Blanca	mig-arc-are	45	25.7	1.8	0.3	0.2
Cruz de Colica	franco	58	5.3	0.6	0.4	0.4
Cruz de Coloxtitla	franco	36	12.9	0.4	0.2	0.1
Convento	mig-arc-are	35	11.8	1.2	0.2	0.3
Cañada San Miguel	mig-arc-are	47	22.7	3.6	0.3	0.5
Cementerio	mig-arc-are	35	22.8	2.2	0.2	0.3

Cuadro N° 2. Textura, capacidad de intercambio catiónico y valores de calcio, magnesio, sodio y potasio de siete sitios del Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones, D.F.

SITIO	Vegetación	Cu	Zn	Fe (ppm)	Mn	Pb	Cd	Al
Agua de Leones	Oyamel	0.6	4.3	58.4	5.2	7.7	0.1	129.1
Cruz Blanca	Oyamel	1.2	10.4	113.1	30.4	13.1	0.3	71.7
Cruz de Colica	Pino	0.5	7.0	75.8	3.5	8.0	0.1	82.0
Cruz de Coloxtitla	Oyamel	0.2	1.0	24.4	5.3	1.6	0.1	41.9
Convento	Oyamel-Pino	1.0	4.8	97.4	13.1	13.1	0.2	55.2
Cañada San Miguel	Oyamel-Pino	1.0	16.0	163.9	37.9	18.5	0.4	46.8
Cementerio	Plantaciones	1.4	28.3	153.7	59.6	28.2	0.5	35.3

Cuadro N° 3. Concentración de algunos metales pesados en siete sitios del Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones, D.F.

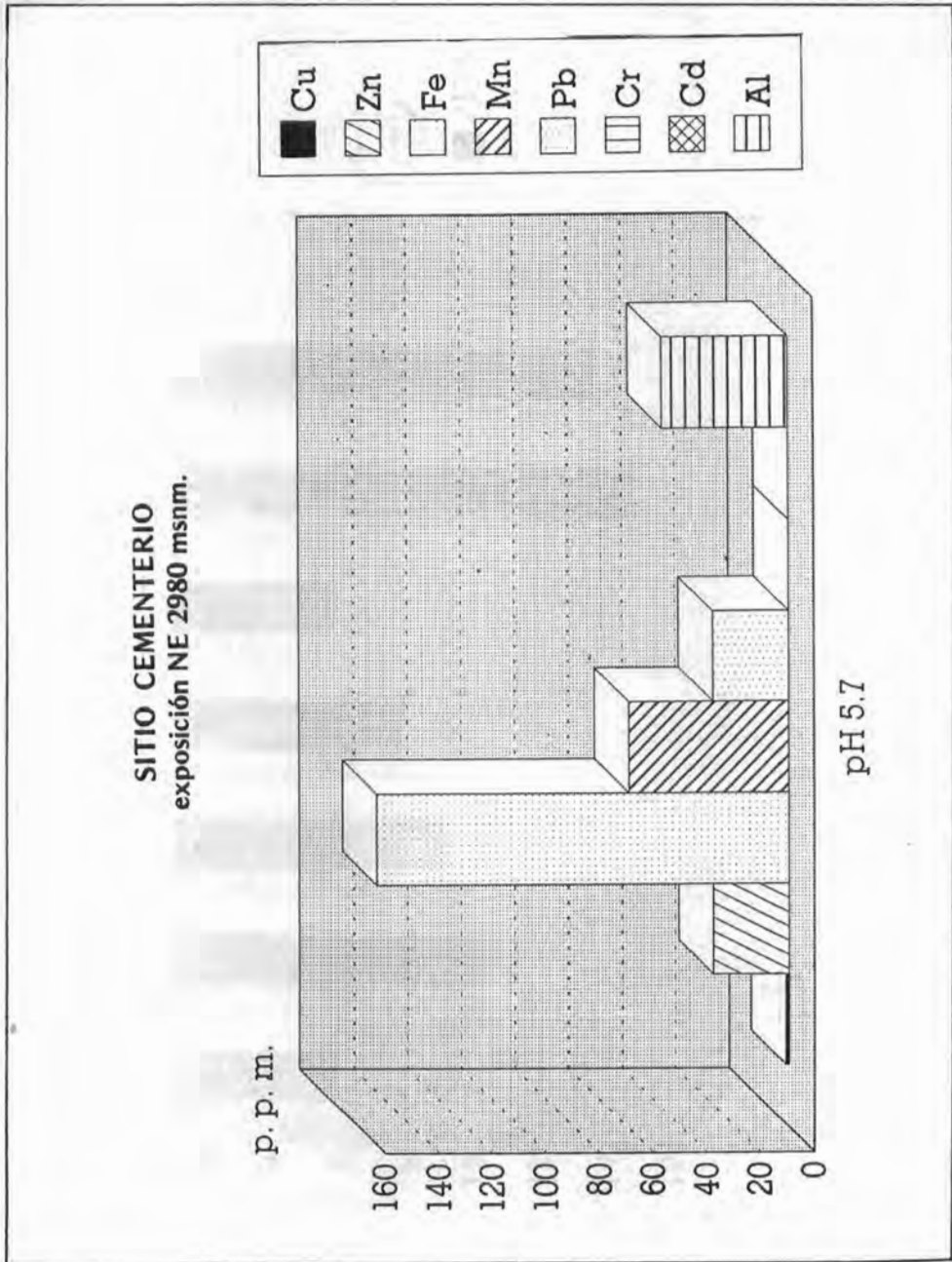


Figura N° 2. Contenido de metales pesados en el suelo.

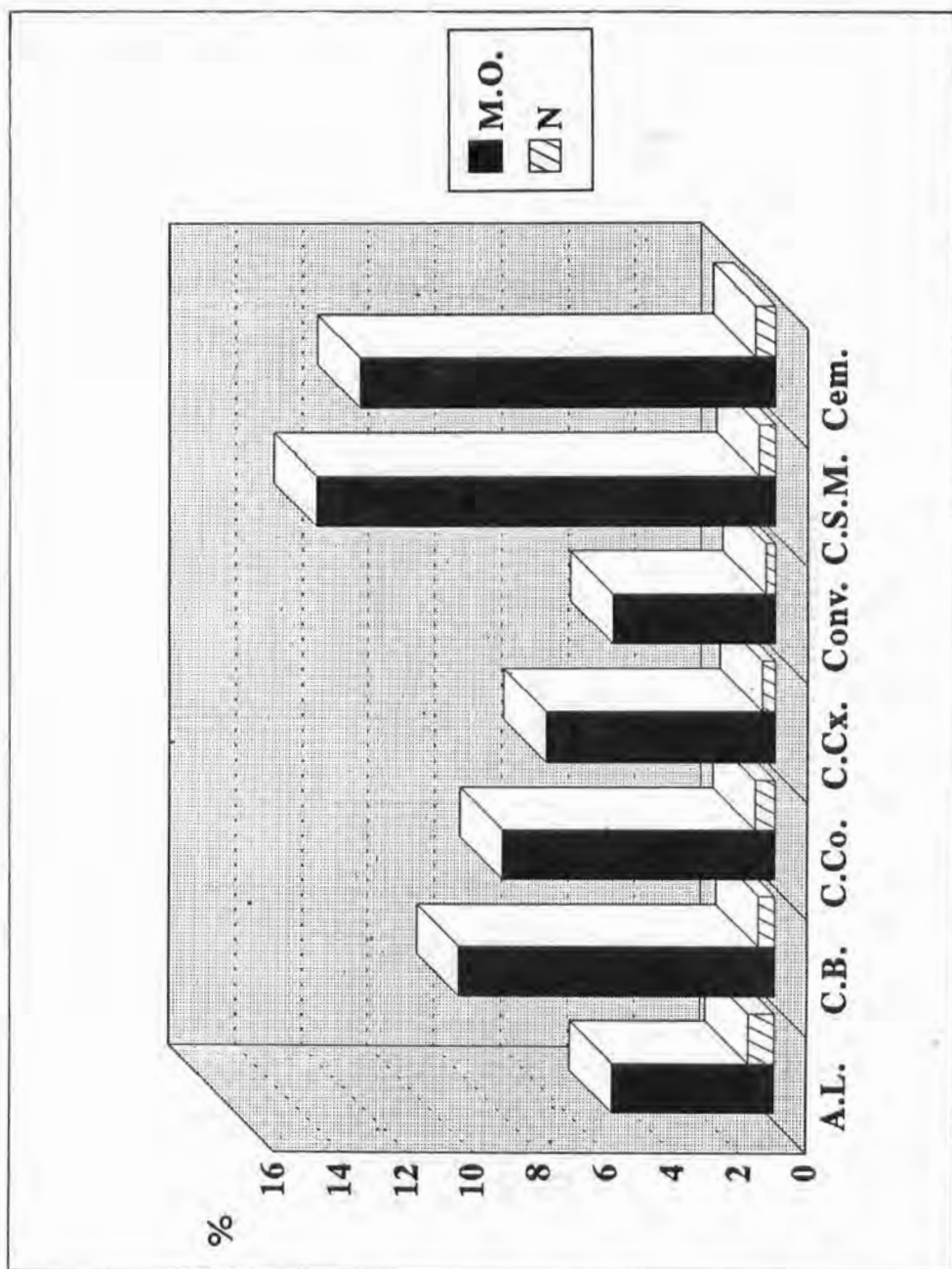


Figura N° 3. Valores de materia orgánica y nitrógeno del suelo en los siete sitios de muestreo.

crecimiento, la floración y fructificación, así como el desarrollo de las raíces, raicillas laterales y fibrosas. Existen muchos factores fisiológicos que intervienen, por lo que es difícil correlacionar con exactitud el crecimiento óptimo de las plantas sobre los suelos (Buckman y Brady, *op. cit.*). Se sugiere hacer más estudios sobre metales pesados para determinar la translocación de elementos en las plantas y su posible fitotoxicidad.

CONCLUSIONES

1. La mayor concentración de metales pesados, a excepción del aluminio, se observó en los suelos de la parte más baja del parque ("Convento" y "Cementerio"). Las menores concentraciones se encontraron en los suelos de las partes más altas ("Cruz Blanca" y "Cruz de Colica").
2. La distancia de la fuente de origen de los contaminantes ambientales, la exposición, la altitud y posiblemente el tipo particular de vegetación del área de estudio, tienen relación con la concentración de metales pesados presentes.
3. Es posible que la cantidad de aluminio encontrada en el suelo se deba a la sustitución isomórfica del magnesio.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado R., D.; L. I. de Bauer y J. Galindo A. 1991. Declinación y muerte del bosque de oyamel en el sur del Valle de México. *Agrociencia. Serie de Recursos Naturales Renovables* 1(2):123-143. México.
- Buckman, H. O. and N. C. Brady. 1969. The nature and properties of soils. The Macmillan Company, Toronto, Ontario, Canadá. 653 p.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía-UNAM. México. 252 p.

Hernández T., T. y L. I. de Bauer. 1982. Daños por gases oxidantes en pinos y avena, reconocimiento y evaluación en el Ajusco, D. F. *Revista Chapingo*, 33-34:19-28. México.

Lim, C. H. and Jackson, M. L. 1982. Dissolution for total element analysis. *In*: Page, A. L. *et al.* (eds.). *Methods of soil analysis*. Madison, Wisconsin, USA. pp. 1-12.