CONTENIDO DE METALES PESADOS EN ALGUNOS SUELOS Y VEGETACIÓN DEL DESIERTO DE LOS LEONES, DISTRITO FEDERAL.

Castro Servín Juana Ma.[1]
González Kladiano Verónica[1]
Hernández Tejeda Tomás[2]

RESUMEN

El Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones, D.F. (PCyRDL-D.F.), tiene gran importancia en el bienestar de los habitantes de la ciudad de México, en este lugar se han realizado diversas investigaciones a raiz de la muerte del bosque de *Abies religiosa*. Estas se basan principalmente en el impacto que en diferentes aspectos ejerce el área metropolitana en el PCyRDL-D.F. (Alvarado *et al.*, 1991; Castro *et al.*, 1993; López y Rivera, 1995; Castañeda *et al.*, 1995). De acuerdo a esta información, 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, así como conocer el contenido de los mismos en la vegetación aledaña a los sitios de muestreo de los suelos. El presente trabajo tiene como antecedente, los muestreos realizados por los autores en siete sitios del PCyRDL-D.F. (Castro *et al., op. cit.*). Para el presente estudio solo se consideraron cuatro sitios en el PCyRDL-D.F. y un sitio como testigo en San Juan Tetla, estado de Pue. El muestreo de suelos se hizo a dos profundidades y en forma paralela se tomaron muestras de vegetación dominante. Las muestras de suelo y vegetación fueron procesadas en el Laboratorio de Química del Ambiente del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (CENID-COMEF, INIFAP) y se analizaron con un equipo de absorcion atómica.

Los resultados indican, que las concentraciones más altas de los metales pesados analizados en los suelos y la vegetación fueron detectados en los sitios localizados en el PCyRDL-D.F. y las más bajas en San Juan Tetla.

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

---

[1] Investigador Titular del CENID-COMEF, INIFAP, SAGAR.
[2] Investigador Titular, Becario del CENID-COMEF, INIFAP, SAGAR.

ABSTRACT

Cultural and Recreation Park Desierto de los Leones, Distrito Federal (PCyRDL-D.F.), has a great importance in the wellbeing of inhabitants of México City, this place has been the scenario for different type of research steaming from the death of *Abies religiosa* forest. These researches are based mainly on the different impacts that metropolitan area does to the PCyRDL-D.F. (Alvarado *et al.*, 1991; Castro *et al.*, 1993; López y Rivera, 1995; Castañeda *et al.*, 1995). According to this information, it was conducted a studio with the purpose of determining the content of some toxic heavy metals and some soil diverse chemical properties, as well as the content of the same metals over the surrounding vegetation to the soil sample sites. Present work has as a back ground sampling on soil conducted by next aurtors (Castro *et al., op. cit.*). It was considered only here four sites in the PCyRDL-D.F. and one witness site coresponding to the place called San Juan Tetla, state of Puebla too. Soil sampling was made with two depth and it was taken parallel dominant vegetation samples. Soil and vegetation samples were processed in the Enviromental Chemical Laboratory from the Discipline National Reserch Center for Conservation and Improvement of Forest Ecosystems (CENID-COMEF, INIFAP) and they were analysed with an atomic absorption equipment.

Results point out that higher concentrations of heavy metals analysed on the soil and vegetation were detected in sites localized in PCyRDL-D.F. and lower concentration in sampling coming from San Juan Tetla.

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

INTRODUCCIÓN

Investigaciones científicas sobre el deterioro de áreas forestales aledañas a grandes ciudades, demuestran la declinación de algunas especies susceptibles a la contaminación ambiental. Se han buscado las causas de la muerte de los bosques tomando principalmente a factores externos; sin embargo, no se ha estudiado el suelo en forma integral considerando que éste es la fuente natural de nutrición de las plantas.

En México, específicamente en el Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones, D.F. (PCyRDL-D.F.), la vegetación arbórea presenta daños por el impacto que en diferentes aspectos ejerce en el PCyRDL-D.F. el área metropolitana más grande del mundo, la cual ha provocado graves daños y alteraciones como las que se reflejan en la vegetación arbórea de *Abies religiosa*. Esta zona tiene gran importancia ya que es fuente de bienes y servicios para los habitantes de la ciudad de México, área de recarga de mantos acuíferos, purificación de agua y aire, hábitat para infinidad de organismos

o como generadora de servicios recreativos, educativos, culturales y para el desarrollo de trabajos científicos de diversa índole.

En el PCyRDL-D.F., se han realizado diversas investigaciones abordando el problema desde diversos puntos de vista a raíz de la declinación y muerte del bosque de oyamel (*Abies religiosa*); en ellas se ha evaluado el efecto de los oxidantes fotoquímicos en el follaje del arbolado; así mismo se ha determinado el contenido de metales pesados en los suelos y la caracterización nutricional del follaje (Alvarado, *et al.*, 1991[3]; Castro, *et al.*, 1993[4]; López y Rivera, 1995[5]; Castañeda, *et al.*, 1995[6]).

Sin embargo, actualmente no se conoce con exactitud que es lo que genera el deterioro del bosque. Se ha hablado que la presencia de masas de aire contaminado provenientes de la ciudad de México, aunado a la excesiva extracción de agua de los mantos acuíferos , así como la presencia de plagas y enfermedades puedan ser los posibles factores sinergéticos causantes de los síntomas de deterioro (Alvarado, *op. cit.*).

El presente trabajo tiene como antecedente, los muestreos realizados por los autores para conocer el contenido de metales pesados en siete sitios del parque, en donde se indica que las concentraciones más elevadas de metales en el suelo, 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 (Castro *et al.*, *op. cit.*). En esta segunda fase el objetivo del estudio fue conocer el contenido de metales pesados en la vegetación aledaña a los sitios de muestreo de suelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron muestreos de suelos y vegetación arbórea en la primavera de 1993, en las localidades del PCyRDL-D.F. y San Juan Tetla, estado de Puebla (testigo); la ubicación de los sitios y la colecta de muestras se basaron en el método propuesto por Castro *et. al.* (*op. cit.*).

El muestreo de suelo se hizo a dos profundidades: 0-15 cm y 15-30 cm, en forma paralela se tomaron muestras de la vegetación dominante (arbórea, arbustiva, herbácea y pastos) y aledaña distinguiendo el follaje entre maduro, joven (renuevo), diferenciando el tronco o tallo, con el fin de detectar la absorción a diferentes niveles;

[3] Alvarado, D.; Bauer J. y J. Galindo, 1991. Declinación y muerte del bosque de oyamel (*Abies religiosa*) en el sur del valle de México.

[4] Castro, S. J.;K. V. González y T. T. Hernández. 1993. Determinación preliminar de algunos metales pesados en los suelos del Desierto de los Leones.

[5] López, L. M. A. y A. Rivera. 1995. Caracterización nutrimental de follaje de oyamel en proceso de declinación.

[6] Castañeda G., M. I; M. A. López, L. y A. Velázquez M.1995. Efecto de tratamientos de fertilización sobre algunos síntomas de declinación en una plantación de oyamel.

las muestras se colocaron en bolsas de papel con etiquetas identificadoras. Para el presente análisis sólo se consideraron cuatro sitios y el testigo, por considerar que éstos eran los más representativos del área de estudio (Cuadro N° 1).

SITIO	VEGETACIÓN DOMINANTE	VEGETACIÓN ALEDAÑA	EXPOSICIÓN	ALTITUD (m.s.n.m.)
1.- Cementerio	*Pinus ayacahuite* *P. montezumae* *P. patula* *P. radiata*	*Senecio* sp.	N	2,980
2.- Convento	*Abies religiosa*	Gramíneas *Acaena* sp. *Senecio* sp. *Fuchsia* sp. *Vinca minor* L.	NW	2,920
3.- Agua De Leones	*Pinus* sp.	Gramíneas	NE	3,320
4.- Cruz de Cólica	*Pinus* sp.	Gramíneas	Zenital	3,600
5.-San Juan Tetla (Testigo)	*Pinus* sp. *Abies religiosa.*	*Acaena* sp. *Senecio* sp. Gramíneas	Zenital NW	2,980 3,050

Cuadro N° 1. Características de los sitios de estudio.

Las muestras tanto de suelo como de vegetación fueron procesadas en el Laboratorio de Química del Ambiente del CENID-COMEF. Los análisis practicados fueron: pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, capacidad de intercambio catiónico, cationes intercambiables y los metales pesados en los cuales se utilizó como extractante ácido dietilen triamino penta acético (DTPA) quelato; en el caso de las plantas se usó una mezcla de ácidos nítricos y perclórico. Para su cuantificación se utilizó un espectofotómetro de absorción atómica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente trabajo se consignan y discuten los resultados correspondientes a los elementos más significativos para cada uno de los sitios y localidades: aluminio, zinc, fierro, plomo y magnesio (Al, Zn , Fe, Pb y Mg). En el (Cuadro N° 2), se resumen los resultados obtenidos de los análisis de los suelos muestreados, sobresaliendo el sitio Cementerio con valores superiores a las 20 ppm para el Al, Pb y Fe (Figura N° 1), siendo el Zn y el Mg los de más bajas concentraciones.

A B	C	E	F	pH_{H2O} 1:2.5	M.O	NT %	P	C.I.C	Ca Me	Mg q /	Na 100	K g	Al	Pb p.	Fe p.	Zn m	Mn
D 1	p t	N	2980	6.2a	12.6	0.3	3.2	43.1	26.4	5.8	0.53	3.4	34.2	35.0	30.0	7.9	2.5
				6.1b	8.3	0.2	2.9	36.8	20.5	3.2	0.39	3.1	37.5	77.0	29.6	5.3	2.7
D 2	A	NW	2920	5.5a	20.1	0.5	3.5	46.9	18.7	7.0	0.36	3.8	67.2	65.7	38.0	4.6	2.7
				5.8b	8.5	0.2	2.4	35.1	21.3	3.8	0.35	4.1	52.1	50.1	41.7	4.1	2.9
D 3	P	NE	3320	5.0a	16.9	0.4	3.2	39.8	10.3	1.0	0.72	3.4	142.1	62.0	6.1	5.8	3.2
				5.0b	11.9	0.3	2.7	36.0	7.0	0.8	0.51	3.5	140.0	60.0	6.5	3.7	3.0
D 4	P	Zen	3600	4.9a	11.7	0.4	1.2	35.9	4.6	1.4	0.78	3.1	137.2	42.2	18.1	3.9	3.8
				5.1b	9.0	0.2	1.3	32.8	5.3	1.7	0.28	3.2	133.7	65.9	16.7	1.8	3.7
S 5c	A	NW	3050	5.4a	16.2	0.5	0.6	32.7	12.8	8.4	0.2	0.16	6.8	6.2	4.8	3.4	3.6
				5.0b	15.6	0.4	1.6	35.6	12.9	10.0	0.4	0.23	9.8	26.0	12.2	2.7	2.7
S 5d	P	Zen	2980	6.0a	9.2	0.5	1.8	34.0	25.2	7.4	0.3	0.5	13.2	10.0	8.0	4.8	2.2
				6.1b	9.7	0.4	1.6	32.7	24.5	7.8	0.1	0.3	12.2	6.0	8.4	2.6	1.3

A= Sitios : (**D**) Desierto de los Leones D.F. y (**S**) San Juan Tetla
B=Localidades : 1)Cementerio, 2) Convento, 3)Agua de Leones, 4)Cruz de Cólica; 5c, 5d) San Juan Tetla
C=Vegetación : A = Abies, P=Pino y Pt=Plantación de pino
E=Exposición
F=Altitud

Cuadro N° 2. Contenido de metales pesados, relacionados con otras propiedades del suelo a dos profundidades 0-15 cm (**a**) y15-30 cm (**b**).

SITIO	VEGETACIÓN	Ca	Mg	K %	Na	N	Fe	Zn p.	Pb p.	Cu m.
CEMENTERIO I	P.A.H.J	0.62	0.07	1.9	0.09	1.15	189	1100	27	12
	P.A.H.V	1.20	0.10	0.73	0.08	1.90	211.3	780	23.5	0.25
	P.A.T	0.66	0.10	0.76	0.19	1.05	586.0	1610	50.0	7.00
	P.M.H.J	0.96	0.12	2.00	0.12	2.04	160.0	800.0	44.0	5.31
	P.M.H.V	0.28	0.10	1.08	0.08	1.33	212.0	440	32.0	4.7
	P.M. T	0.20	0.02	1.26	0.12	0.84	232.0	600	34.0	7.2
	S. H	1.06	0.07	0.39	0.06	3.43	54.5	395	10.0	7.0
	S.Ta	3.0		0.92	0.10	1.0	544	1380	40	20.0
	V.H	1.86	0.04	2.48	0.07	3.01	434	1340	48	6.0
	V.Ta	3.72	0.08	0.80	0.15	1.42	702	1480	24	4
	S.H	2.94	0.18	0.42	0.08	1.33	742	1780	30	22
	S.Ta	3.0	3.0	2.56	0.03	1.84	442	1120	56	2
CONVENTO	A.H.J	0.53	0.09	1.64	0.05	2.91	171.8	705	17	5
	A.H.V	1.63	0.12	1.51	0.04	1.90	392.0	1090	36	7
	A.T	1.38	10.0	0.78	0.06	1.15	622.0	1150	8.5	7
	Pas	0.18	0.04	0.93	0.01	2.53	66.5	320	9.5	2
	S.H.Ta	3.16	0.66	1.18	0.06	3.86	422	460	20	34
	Ac.H	1.99	0.74	0.58	0.01	3.12	626	1320	36	14
	Ac.Ta	0.70	0.15	0.38	0.001	2.96	400	770	61	16.3
	F.Ta	1.86	0.54	4.19	0.06	2.17	528	1320	46	20
	F.H	2.48	0.38	3.49	0.01	4.04	538	1600	24	10
	V.H	3.21	0.26	1.22	0.112	2.53	410	940	38	16
	V.Ta	1.12	0.14	4.15	0.07	2.13	156	920	36	14
AGUA DE LEONES (LOS HONGOS)	P. M.H.J	0.12	0.15	3.31	0.01	2.36	52.8	452	23	0.66
	P. M.H.V	0.09	0.05	1.31	0.01	1.60	299	371	11.3	1.2
	P. M.T	0.10	0.04	3.37	0.01	0.90	440.7	10783	19.3	2.7
	Pas.	0.10	0.01	3.64	0.01	0.98	173.50	281.7	17.7	3
CRUZ DE COLICA	P. M.H.J	1.2	0.07	3.76	0.01	2.58	256.3	580.0	20.0	1.25
	P. M.H.V	0.27	0.01	1.34	0.005	1.83	354.0	846.7	29.3	2.7
	P. M.T	0.29	0.12	3.70	0.003	1.08	942.7	1826.7	55.3	6
	Pas.	0.47	0.02	1.26	0.006	1.01	175.0	327.5	22.0	3
SAN JUAN TETLA *Abies*	A.H.J	1.81	0.81	1.72	0.003	2.20	0.25	0.14	0.04	1.05
	A.H.V	1.95	0.95	1.51	0.003	2.0	0.21	0.18	0.03	2.04
	A.T	1.51	0.99	0.95	0.004	1.7	0.42	0.65	0.04	1.06
	Ac.H.Ta	2.15	0.85	0.62	0.001	2.8	1.72	0.91	0.05	2.01
SAN JUAN TETLA Pino	S. H.Ta	1.74	0.64	0.91	0.0005	2.03	0.03	0.11	0.03	0.93
	P. M.H. J.V.	1.49	0.72	1.70	0.038	0.70	0.08	0.15	0.01	1.04
	P. M. T.	1.93	0.20	1.03	0.029	0.27	0.11	0.71	0.03	1.06

Cuadro N° 3. Promedio de contenidos de Metales Pesados en la vegetación dominante en los diferentes sitios.

Claves de la vegetación.

*P. **ayacahuite*** hoja-jovenes : P.A.H.J.
*P. **ayacahuite*** hoja vieja : P.A.H.V.
*P. **ayacahuite*** tronco: P.A.T.
*P. **montezumae*** hoja-jovenes: P.M.H.J.
Abies hoja joven : A.H.J.
Abies hoja vieja : A.H.V.
Abies tronco : A.T.
Pasto : Pas .

P. montezumae hoja-vieja: P.M.H.V.
P. montezumae tronco: P.M.T.
Senecio sp. hoja: S.H.
Senecio sp. tallo: S.Ta.
Vinca minor L. hoja : V.H.
Vinca minor L. tallo: V.Ta.
Salicaceae hoja : S.H.
Salicaceae tallo : S.Ta.
Senecio sanguisorbae D.C. hoja y tallo : S.H.Ta.
Acaena elongata L. hoja : Ac.H.
Acaena elongata L. tallo : Ac.Ta.
*Acaena elongata L.*Cadillo : Ac.H.Ta.
Fuchsia microphylla tallo : F.Ta.
Fuchsia sp. hoja : F.H.

Con respecto a la vegetación (Cuadro N° 3), en plantas herbáceas y en el pino, se detectaron altas concentraciones de Zn y Fe, como se muestra en las (Figuras Nos. 2 y 3). Sin considerar que los resultados obtenidos marquen un patrón, se observa que las hojas jóvenes, así como el tallo o tronco, son los que más absorben dichos elementos, lo que podría deberse al efecto de sedimentación del Zn y el Fe procedentes del ambiente.

Burton *et al.* (1983)[7], señalan a los tallos como un área de gran impacto en relación a la toxicidad por metales pesados, por lo que se esperaría que sus concentraciones servirán como un índice de los efectos tóxicos sobre las plantas.

El plomo es un metal pesado común en las partículas de la atmósfera, el cual se acumula en el suelo por causas naturales; en este caso, se considera que las concentraciones determinadas en las muestras analizadas se debe a causas antropogénicas, ligadas principalmente a ambientes urbanos (Elliott *et al.*, 1986)[8]. La ubicación del sitio, puede explicar la permanencia del plomo en el suelo, no así en la vegetación (Figura N° 2), ya que en ésta se encontraron concentraciones mínimas de 23 ppm y máximas de 50 ppm en el tronco de *Pinus ayacahuite*.

En las muestras de suelo tomadas a dos profundidades, se observa una concentración de metales que sugiere depósito aéreo y un transporte lento hacia los estratos inferiores como es el caso del plomo, el cual está en mayor proporción en la capa inferior del sitio Cementerio (77 ppm), como se puede observar en la Figura N° 1.

En los pinos, así como en la vegetación herbácea las concentraciones de cobre y magnesio (Cu y Mg), fueron bajas (Figuras Nos. 2 y 3).

[7] Burton, K. W; E. Morgan; A. Roig. 1983 The influence of heavy metals upon the growth of sitks-spruce in south wales forests.
[8] Elliott, H. A.; M. R. Liberati y C. P. Huang. 1986. Absorción competitiva de metales pesados en suelos.

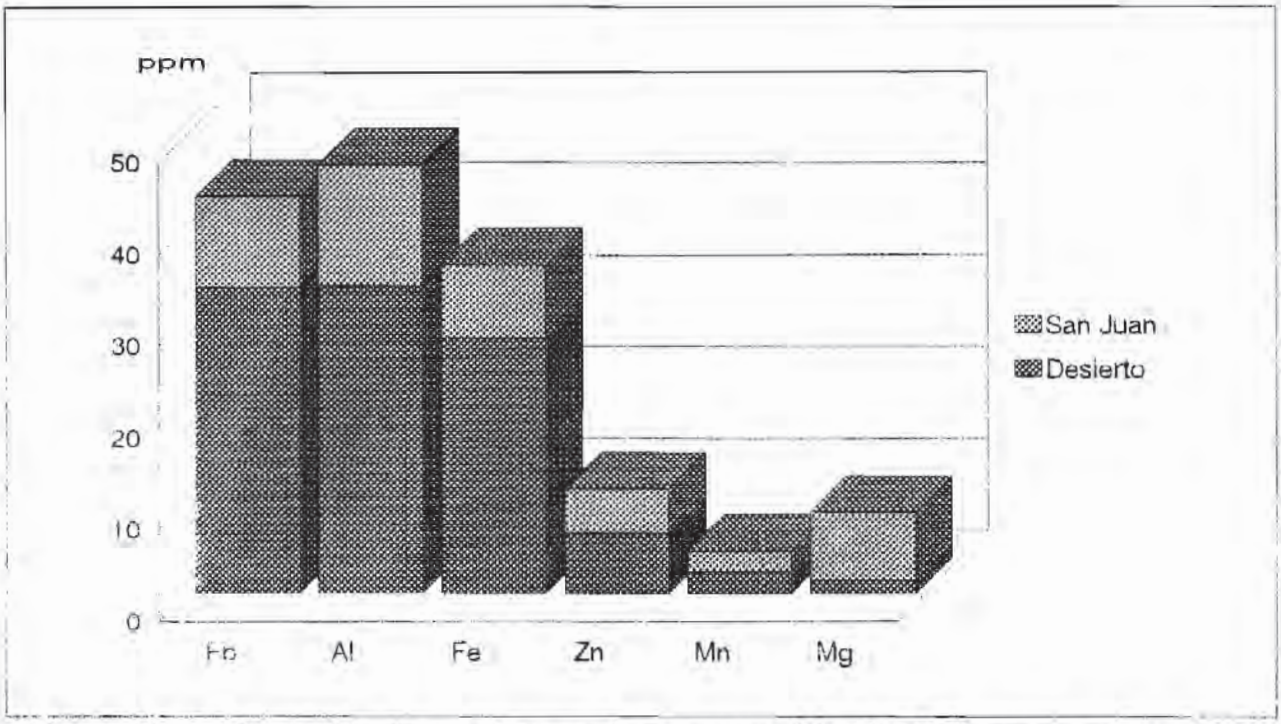

Figura N° 1. Contenido de metales pesados en una población de *Pinus* sp. en los sitios Cementerio, D. F. y San Juan Tetla, Puebla (0-15 cm).

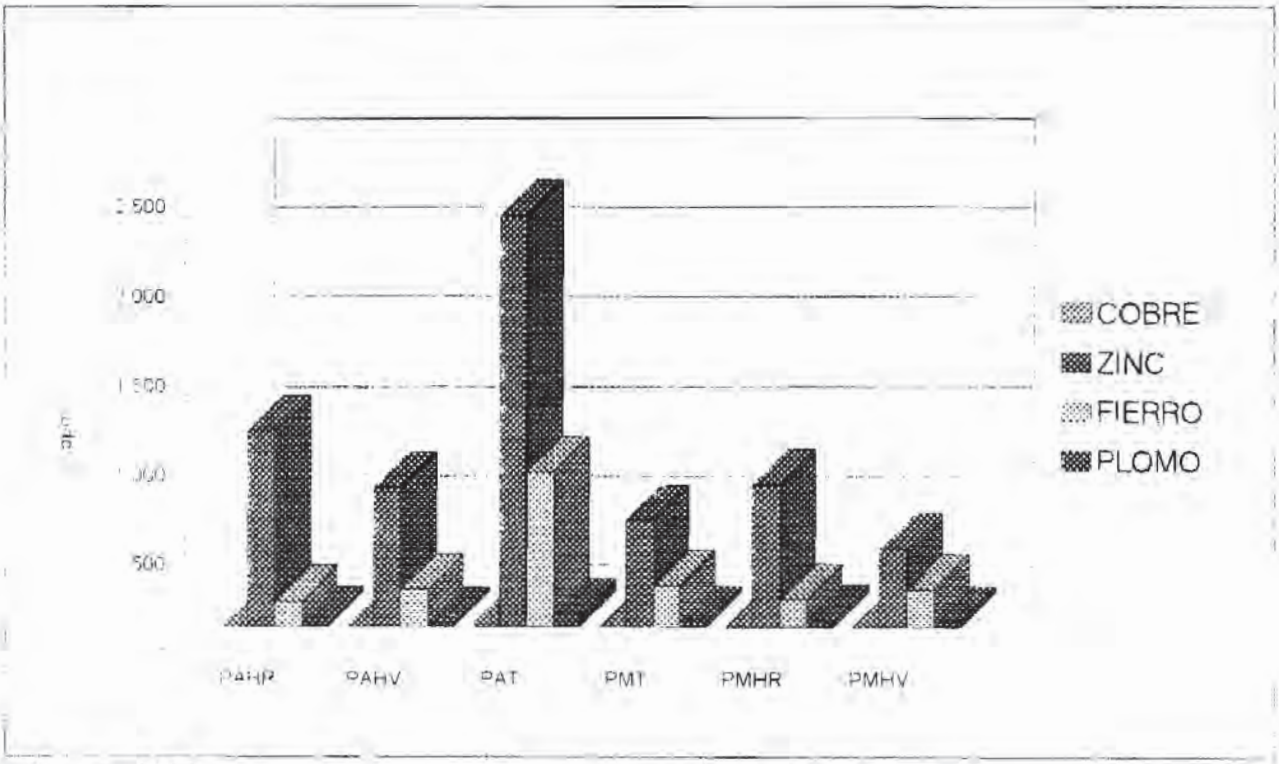

Figura N° 2.

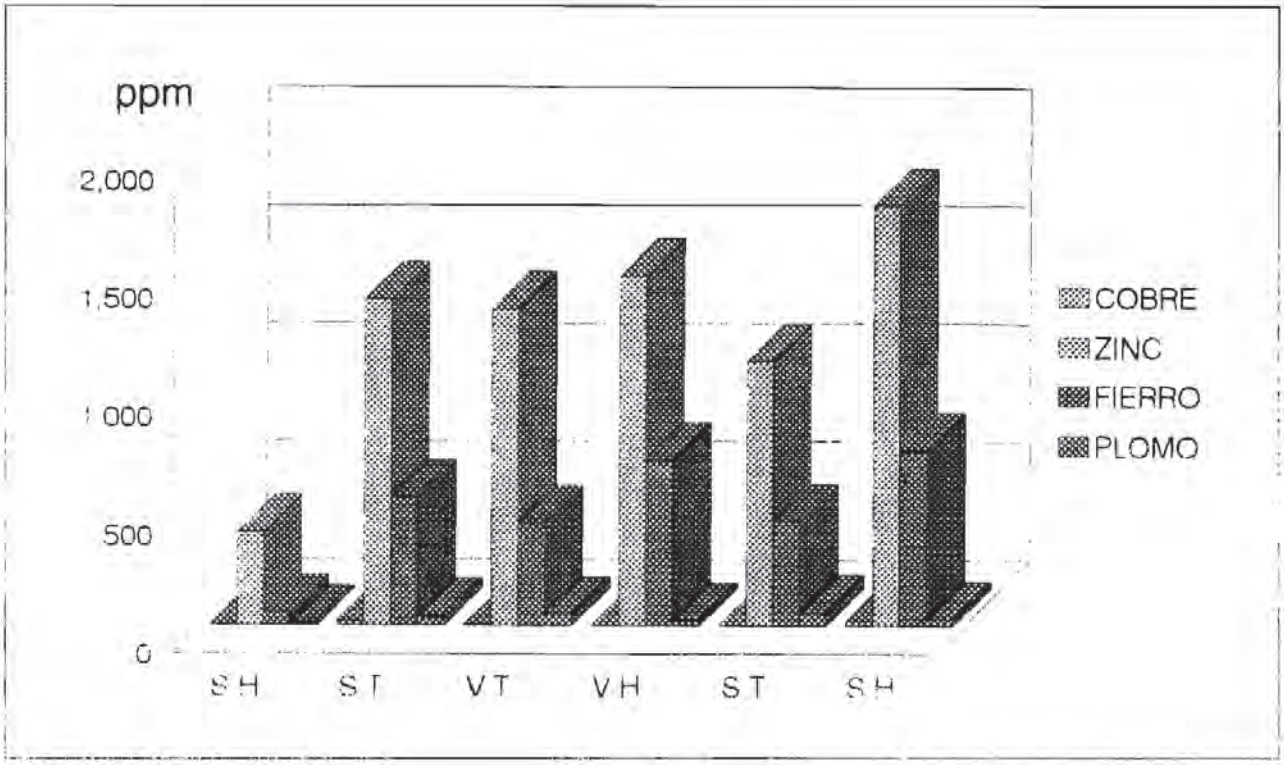

Figura N° 3.

El sitio Convento al igual que el sitio Cementerio han sido señalados en otros trabajos (Alvarado *et al.*, *op. cit.*; Castro *et al.*, *op. cit.*) como las áreas con mayor deterioro en la vegetación, encontrando en estos sitios valores mayores de Pb, Al, Fe y Zn en los suelos, resultados que se muestran en las (Figuras Nos. 1 y 4). Cabe señalar que muchos lugares se encuentran cercanos a carreteras; en algunos estudios se ha demostrado que las altas concentraciones de Zn, Cd, Cr y Pb encontrados en sitios adyacentes a ciudades en donde se encuentran carreteras y avenidas transitadas, provienen estos contaminantes de los vehículos que por ellas circulan (González y Esquivel, 1981)[1].

En los individuos de *Abies religiosa* y en las plantas herbaceas del sitio Convento, el Zn y el Fe se presentaron en altas concentraciones con variaciones en función de la especie, siendo las gramíneas y el *Senecio* donde estos metales se detectaron en menos de 400 ppm. En el resto de las herbaceas encontradas en este sitio, el zinc duplicaba la proporción de fierro. Por otro lado, el Cu y el Pb pasaron a un rango muy bajo, menos de 30 ppm (Figuras Nos. 5 y 6), la concentracion en *Abies religiosa* señala una clara diferencia entre ellos, siguiendo una tendencia ascendente en la concentración de Zn, Fe y Pb y de las hojas jóvenes a maduras hacia el tronco (Figura N° 6). Se puede considerar los datos de la especie de *Abies* como un indice del contenido de metales pesados en la vegetación en el sitio Convento.

[1] González, P. A. y H. B. Esquivel. 1981 Cuantificacion de metales pesados en suelos y plantas del D.F.

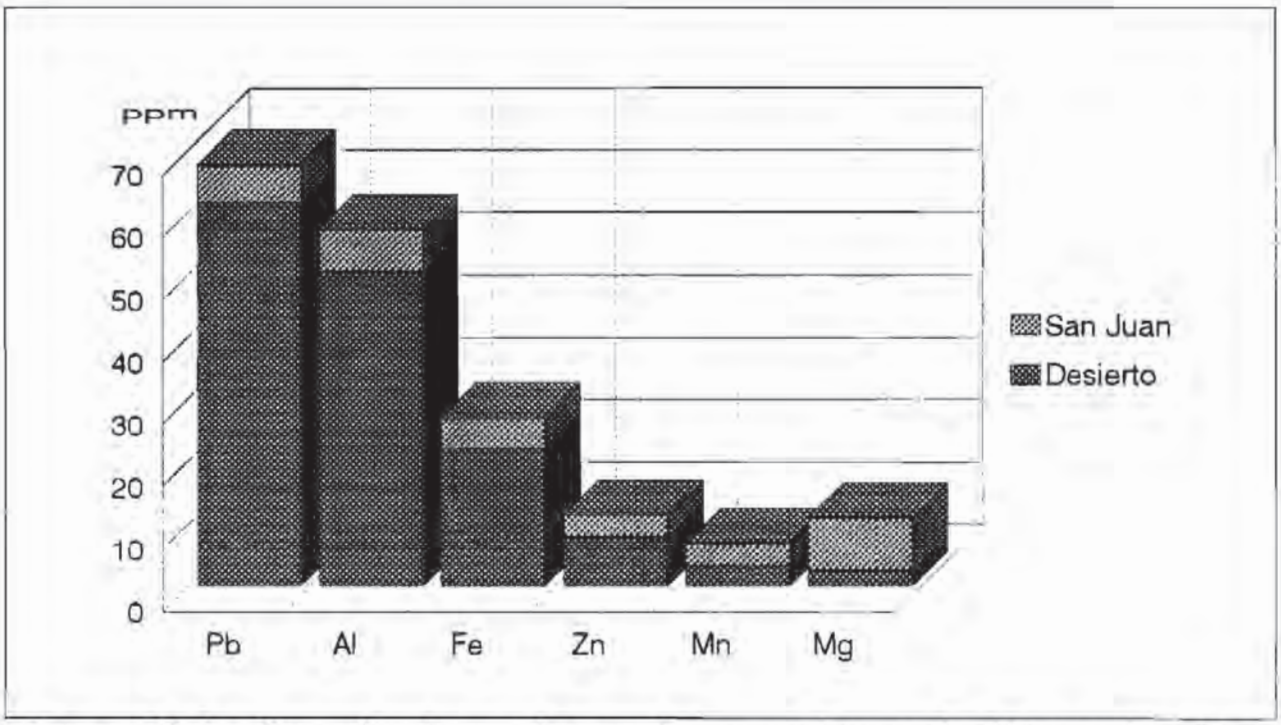

Figura N° 4. Contenido de metales pesados en un bosque de *Abies* en los sitios Convento, D. F. y San Juan Tetla, Puebla (0-15 cm).

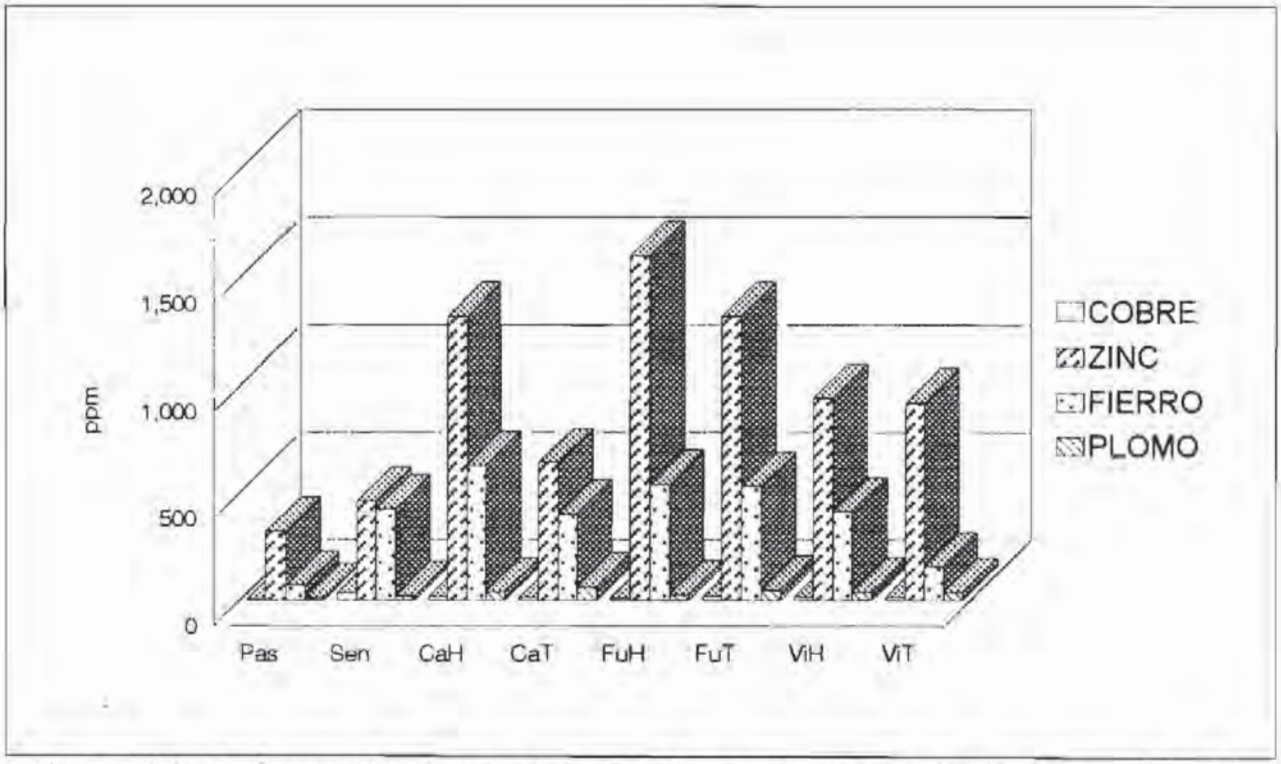

Figura N° 5. Contenido de metales pesados en la vegetación herbácea del sitio Convento, D. F.

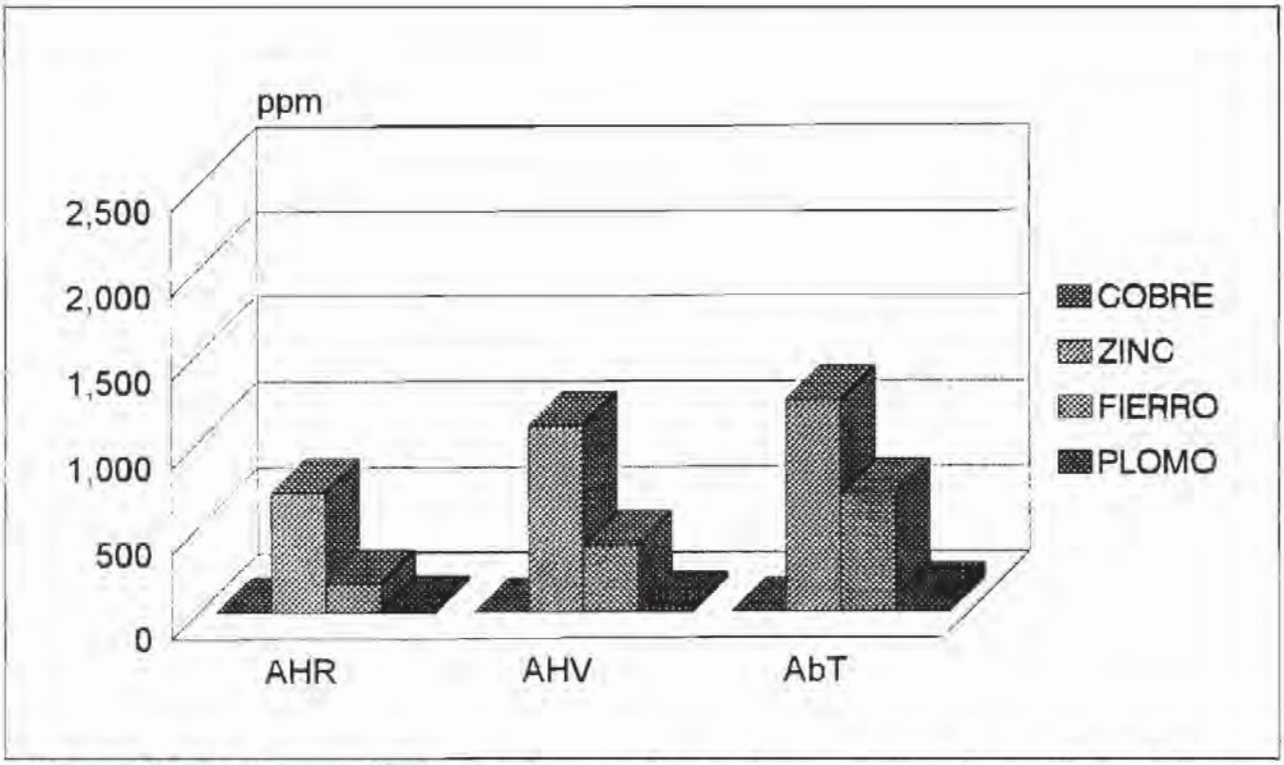

Figura N° 6. Contenido de metales pesados en la vegetación de coníferas del sitio Convento, D. F.

Con base en los resultados obtenidos, la absorción y toxicidad de metales varía con la especie, las características del suelo, así como la naturaleza, concentración y proporción de metales pesados en combinación (Sarkunan *et al.* , 1989)[10].

En el suelo se registró un pH de 5.8, la cantidad de Al, Pb y Fe determinado a la profundidad de 15-30 cm, donde el pH es de 5.5; el contenido de los mismos es menor a la profundidad de 0-15 cm, lo que puede indicar la solubilidad de éstos; sin embargo, el zinc se detectó en mayor concentración a esta profundidad.

Según Elliott *et al.* (*op. cit.*), el pH bajo determina la solubilidad de los elementos metálicos y el aumento de la disponibilidad de algunos de ellos para las plantas, que son de más fácil absorción por las raíces.

En el sitio Agua de Leones, el aluminio está en altas concentraciones, tanto en el nivel superficial como en el siguiente con valores de 142 y 140 ppm respectivamente. Se considera que se debe a los valores de pH, ya que en ambas profundidades se tiene 5.0. En estas condiciones se presenta el fenómeno de intercambio de iones hidrógeno por aluminio, teniendo sustitución con el magnesio por lo que las concentraciones de éste elemento disminuyen en el suelo (Figura N° 7).

[10] Sarkunan, V.; A. K. Misra y P. K. Nayar. 1989. Interaction of Zinc, Copper and Nickel in soil on yield and metal content in rice.

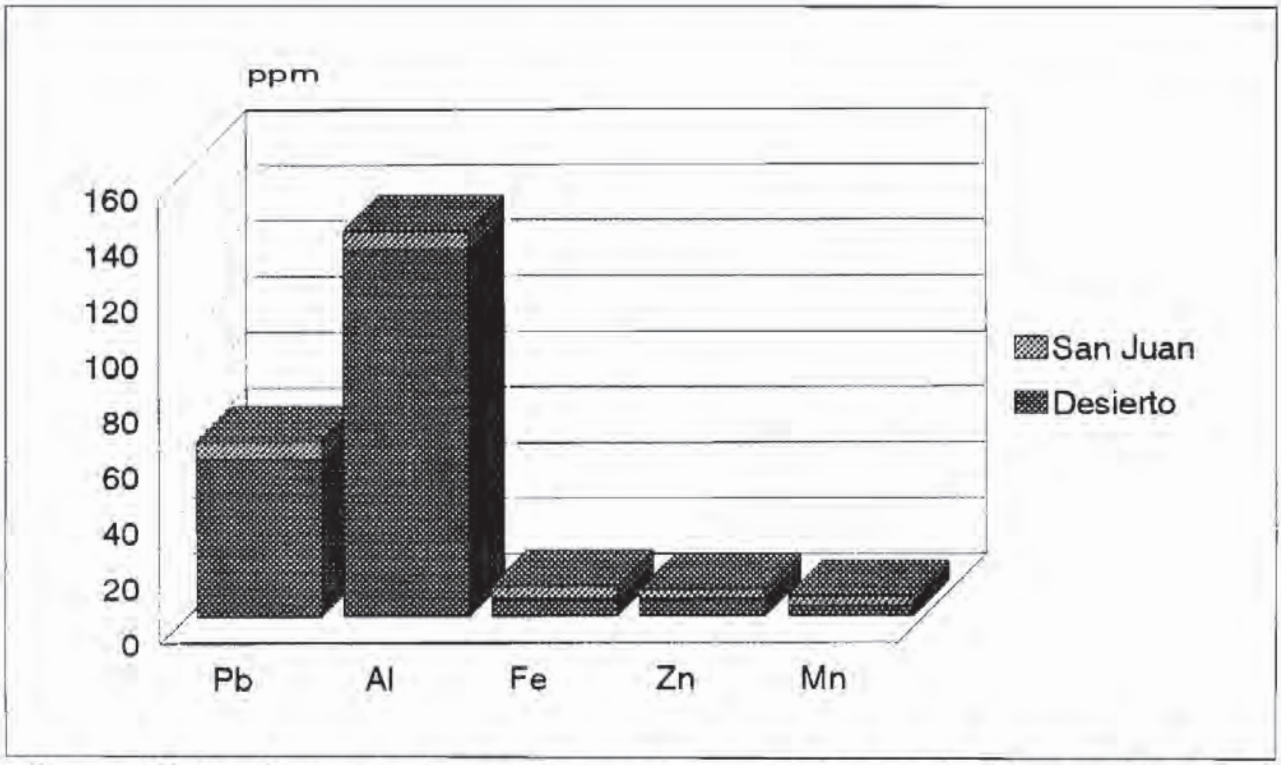

Figura N° 7. Contenido de metales pesados en un bosque de *Abies* en los sitios Desierto de los Leones, D. F. y San Juan Tetla, Puebla (0-15 cm).

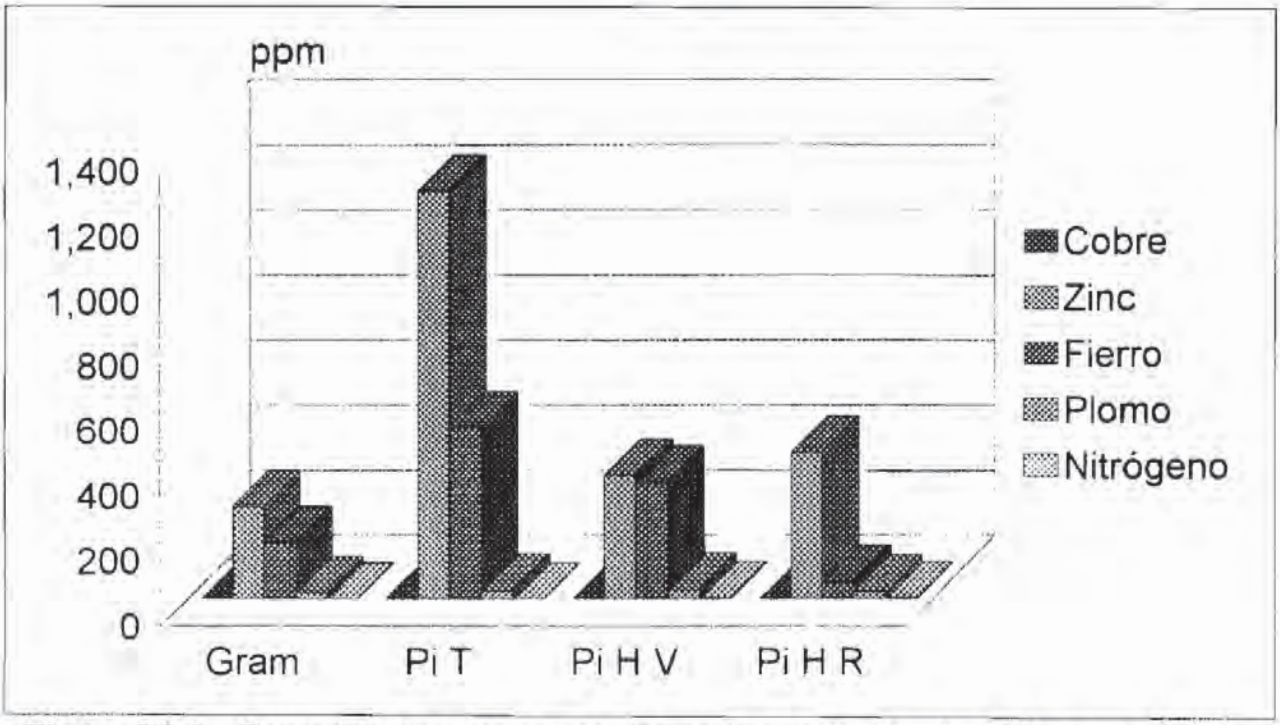

Figura N° 8. Contenido de metales pesados en la vegetación de coníferas en el sitio Agua de Leones, D. F.

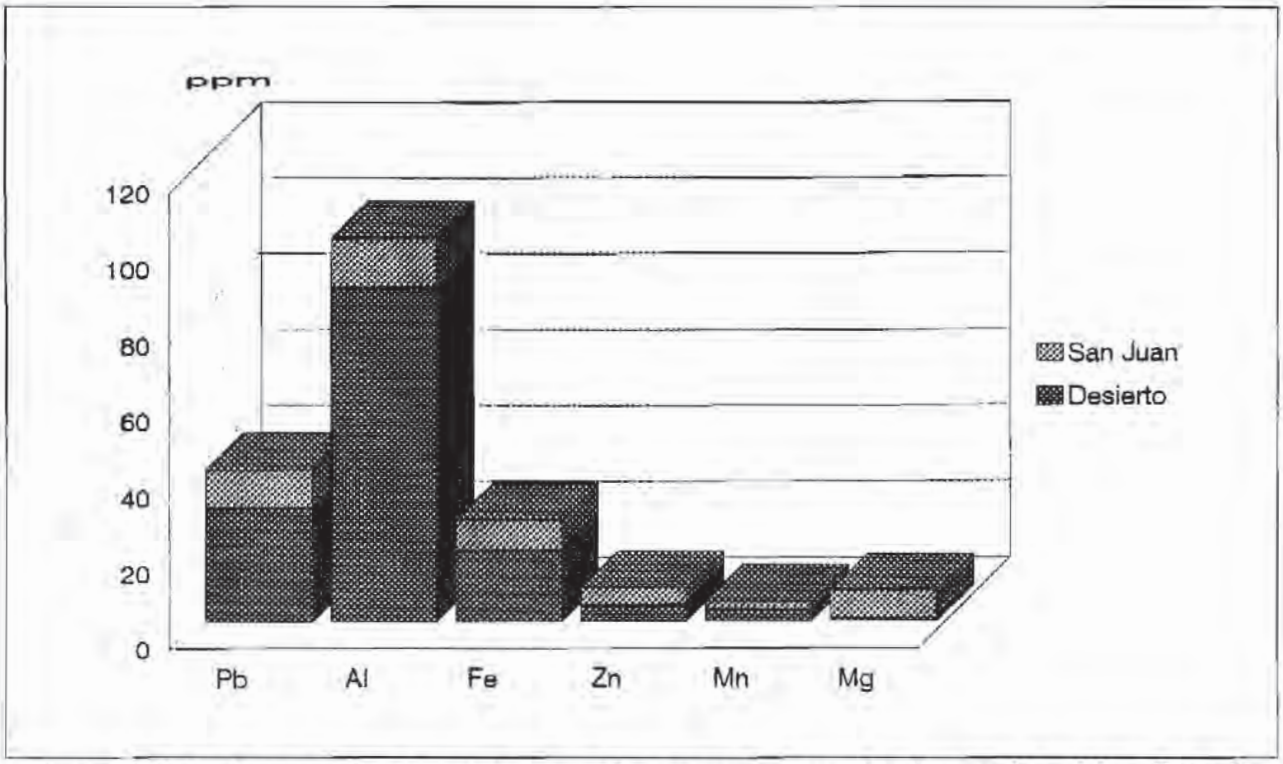

Figura N° 9. Contenido de metales pesados en un bosque de pino en los sitios Cruz de Cólica, D. F. y San Juan Tetla, Puebla (0-15 cm.)

El pH ácido es una propiedad química que favorece la solubilidad de algunos metales pesados como el Zn, Fe, Al, Mg, Mn, etc. (Buckmann y Brady, 1969)[1]. Es conveniente aclarar que en el sitio Agua de Leones así como en los demás, el aluminio únicamente se encontró en los suelos y su proporción máxima alcanzó hasta los 142.1 ppm en la profundidad de 0-15 cm; con una relación directa entre el pH más bajo en los Sitios Agua de Leones que corresponde al valor de 5.0 y en Cruz de Cólica se determinaron 137.2 ppm de aluminio, con un pH de 4.9 en la misma profundidad (Figuras Nos. 7 y 9). Ambos sitios son los ubicados a mayor altitud sobre el nivel del mar.

El análisis de la vegetación en el sitio Agua de Leones no registró aluminio, por lo que pueden existir dos posibilidades: 1) que el método analítico utilizado no lo detectó, 2) la planta no haya podido absorber este elemento, por lo tanto sólo se encuentre en el suelo y no en las plantas.

Con respecto al Pb y el Fe se observó que el primero se determinó en igual proporción tanto en el suelo como en la vegetación (Figuras Nos. 7 y 8); el segundo fue absorbido en su mayor parte por el tallo o tronco de los pinos, siguiendo en orden, las hojas viejas, las gramíneas y al final las hojas jóvenes.

[1] Burton, K. W.; E. Morgan; A. Roig. 1983 The influence of heavy metals upon the growth of sitks-spruce in south wales forests.

El zinc se registró en grandes cantidades en la vegetación en éste sitio con una proporción de 1,100 ppm en el tronco siguiendo las hojas jóvenes, viejas y al final las gramíneas con 190 ppm, de tal manera que la concentración de estos elementos es marcadamente mayor en el tallo o tronco. Se sugiere aumentar el número de muestras para así identificar, si el tallo pudiera servir como índice de los efectos tóxicos del zinc sobre las plantas, como lo señala (Burton *et al*, *op. cit.*).

El sitio Cruz de Cólica exposición zenital y altitud de 3,600 msnm, presenta mayor cantidad de Al y Fe en el estrato superficial y menor concentración de plomo, lo contrario se presenta en el estrato inferior (Figura N° 9).

El plomo se detectó en proporciones semejantes tanto en el suelo como en la vegetación (Figura N° 10); mientras que el Zn y el Fe fueron absorbidos por la vegetación y trasportados al tallo en su mayor parte con valores de 1,600 y 800 ppm, respectivamente. En las hojas maduras y jóvenes la parte proporcional de la cantidad anterior y la menor en el pasto muestreado en este sitio con 350 y 250 ppm para cada elemento, tanto en suelo como en vegetación (Figuras Nos. 9 y 10).

Para tener un punto de comparación se localizaron dos sitios en San Juan Tetla, los cuales se tomaron como testigos. En estos sitios las concentraciones de Al, Zn, Fe, Pb y Cu en el suelo fueron muy pequeñas, al contrario del magnesio que se registró en mayor cantidad, con variaciones de 7.4 a 10.0 meq/100 g .

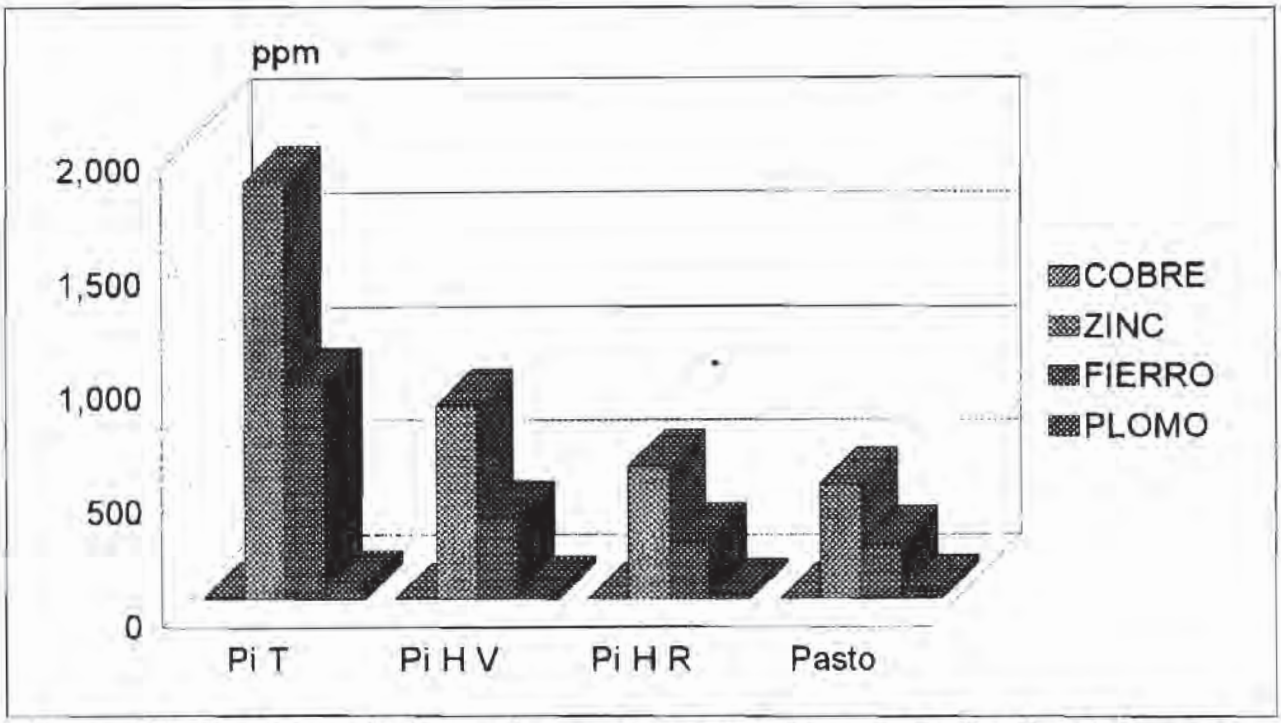

Figura N° 10. Contenido de metales pesados en la vegetación del sitio Cruz Cólica, D. F.

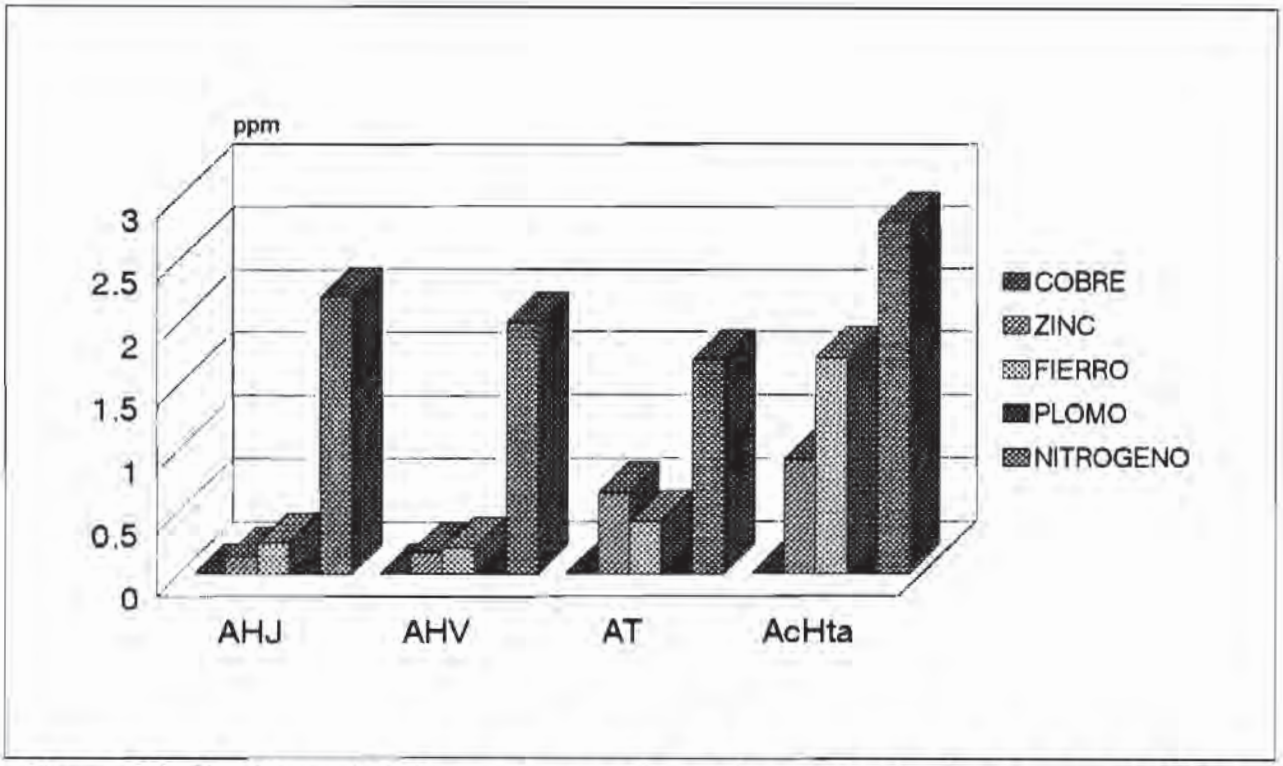

Figura N° 11. Contenido de metales pesados en la vegetación de *Abies* en el sitio de San Juan Tetla, Puebla.

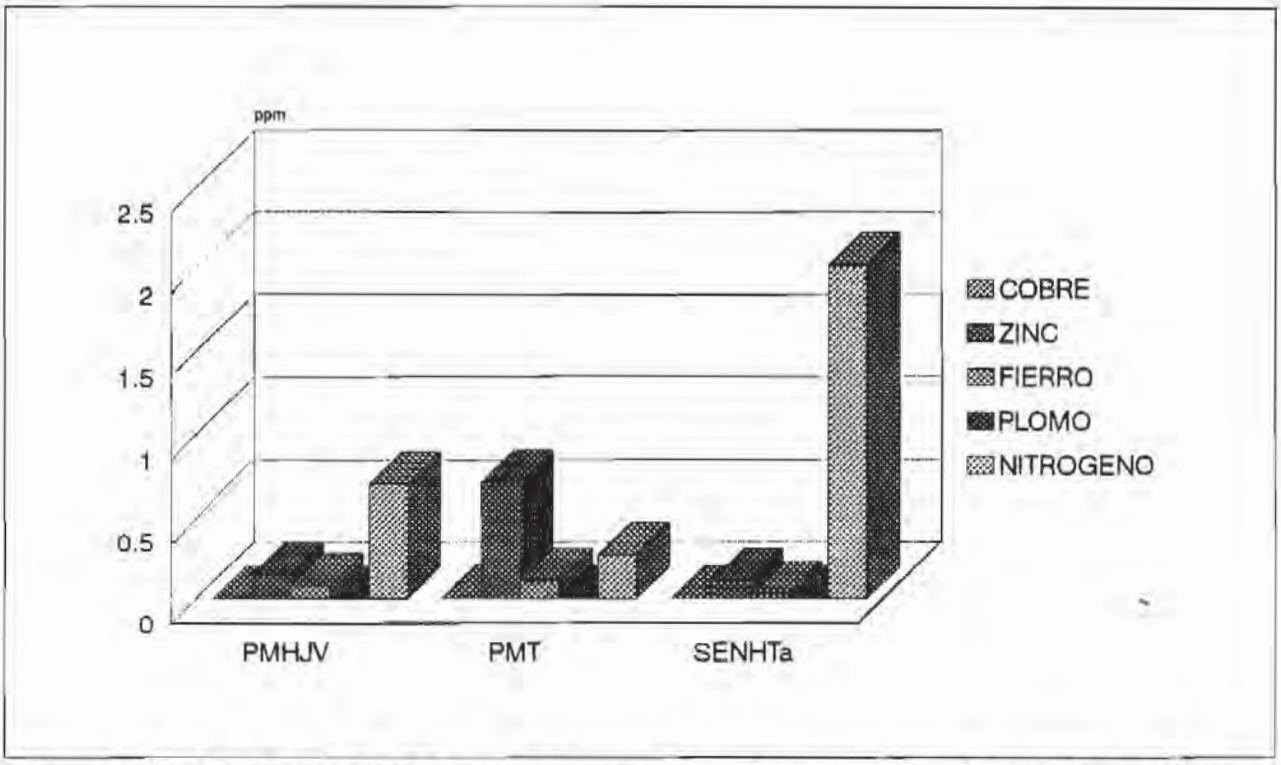

Figura N° 12. Contenido de metales pesados en la vegetación de coníferas del sitio San Juan Tetla, Puebla.

En la vegetación sucede algo similar (Figuras Nos. 11 y 12), los elementos Fe, Zn, Pb, Cu, y Na se encuentran en pequeñisimas cantidades, no así el Ca, Mg y N (López y Rivera, *op. cit.*).

Las altas concentraciones de aluminio en los suelos de Agua de Leones y Cruz de Cólica, sitios localizados en la parte más alta donde los gases como dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno se encuentran en mayor cantidad y los cuales por medio de la lluvia son disueltos como ácidos y depositados en el suelo, se puede notar que las características del mismo, así como el amortiguamiento en relación al pH pueden influir en la aluminización de los suelos en estos sitios, este elemento es poco soluble a valores de pH 5.6, pero soluble a pH menores, teniendo la característica de presentar sustitución con el magnesio por lo que el mismo se encuentra en menor contenido en los sitios Agua de Leones y Cruz de Cólica, si los comparamos con los valores encontrados en los sitios testigos de San Juan Tetla. El magnesio es un elemento importante en producción de clorofila en las plantas y al encontrarse deficiente en el suelo se puede reflejar en la vegetación.

El plomo es un metal pesado de los más comunes en ambientes urbanos y el cual se acumula por causas antropogénicas, en este caso el plomo se encuentra en mayor cantidad en los cuatro sitios del PCyRDL-D.F., si se comparan con los contenidos en San Juan Tetla; cabe señalar que el plomo es inmóvil, al igual que otros elementos como el mercurio y el oro, pero pueden ser solubles a pH ácidos.

El fierro elemento esencial para las plantas en pequeñas concentraciones soluble a pH ácidos 5.5 a 6.5, se presentó en mayor concentración en los sitios Cementerio y Convento, este elemento al irse acumulando causa ferrosis férrica en los suelos.

El Zn y el Fe fueron los elementos más representativos encontrados en la vegetación de la mayoria de los sitios del PCyRDL-D.F., si se comparan con los contenidos en San Juan Tetla, se puede deber a las caracteristicas de radio iónico similar el Fe con el Mn, el cual disminuye en el suelo, además puede unirse al azufre, elemento que se puede combinar principalmente con hidrógeno y oxigeno para formar ácidos. El zinc compite con el magnesio en los procesos de intercambio por lo que disminuye su contenido en el suelo y aumenta su deficiencia en las plantas.

El Cu y el Pb fueron los que se encontraron en menor cantidad en la vegetación, sin embargo si los comparamos con los valores obtenidos en San Juan Tetla estos son elevados, ya que en ese sitio se presentan en trazas. Después de estar muestreando tanto el suelo como la vegetación durante tres años éstos son los resultados que nos indican parte de los efectos en la vegetación, que de alguna forma son ocasionados por los contaminantes que existen en la atmosfera, de tal manera que debemos conocer cuales son las fuentes de emisión así como sus efectos en la vegetación, ya que la

proporción de los metales encontrados es notoria con respecto a los encontrados en el testigo, quizá no afecten directamente. Por lo que una vez conocidas las concentraciones de estos metales tanto en suelos como en vegetación, es necesario conocer si existe toxicidad por traslocación o sustitución de elementos mayores en la vegetación lo cual puede generar deficiencia o toxicidad en función de su contenido, o pérdida de los mismos por lixiviación en el suelo.

CONCLUSIONES

1. Las concentraciones más altas de aluminio en el suelo se encontraron en los sitios de Agua de Leones y Cruz de Cólica, localizados en la parte más alta teniendo pH de 5.0 y 4.9, respectivamente, en la localidad del PCyRDL-D.F.

2. Los contenidos de Pb y Fe en el suelo fueron detectados en mayor cantidad en los sitios Convento y Cementerio, dichos lugares se encuentran ubicados en la parte baja del PCyRDL-D.F. y cercanos a carreteras.

3. En la vegetación de los sitios localizados en el PCyRDL-D.F., se detectaron elevadas cantidades de Zn y Fe, tanto en los lugares altos como los que se encuentran en las partes bajas. El aluminio encontrado en altas concentraciones en el suelo, no se encontró en las plantas.

4. La mayor concentración de metales pesados en el suelo como Al, Pb y Fe se detectaron en los sitios ubicados en el PCyRDL-D.F. y estos mismos elementos fueron encontrados en San Juan Tetla, en mínimas cantidades.

5. El magnesio es un elemento importante en la producción de clorofila en las plantas y al encontrarse deficiente en el suelo se puede reflejar en la vegetación. Esté elemento fue encontrado en bajas concentraciones en el Desierto y en cantidades mayores en San Juan Tetla.

6. En la vegetación de los sitios del Desierto los metales Fe, Zn, Pb, Cu y Na se detectaron en mayor cantidad, y en San Juan Tetla, en pequeñísimas cantidades valores traza. Lo contrario se tiene en el caso del magnesio.

BIBLIOGRAFÍA

Alvarado, D.; J. Bauer y J. Galindo. 1991. Declinación y muerte del bosque de oyamel (*Abies religiosa*) en el sur del valle de México. Agrociencia. 1(3): 130-14.

Buckman, H. O. and Brady, N. C. 1969. The nature and properties of soils. The Macmillan Company, Toronto, Canadá. 653 p.

Burton, K. W; Morgan, E. and Roig,A. 1983 The influence of heavy metals upon the growth of sitks-spruce in south wales forests. Pnat & Soils N° 73 Dr. W. Junk Publishers.

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. Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. Soc. Mex. Rec. For. A.C., U.A.A.A.N. Saltillo, Coah. México 59 p.

Castañeda G., M. I.; M. A. López L. y A. Velázquez M.1995. Efecto de tratamientos de fertilización sobre algunos síntomas de declinación en una plantación de oyamel. I Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. Soc. Mex. Rec. For. A.C., U.A.A.A.N. Saltillo, Coah. México. 52 p.

Elliott, H. A.; Liberati, M. R. and Huang, C. P.. 1986. Absorción competitiva de metales pesados en suelos. Jour ,Envirn Qual. 15(3): 214-219.

González P., A. and B. Esquivel H. 1981 Cuantificación de metales pesados en suelos y plantas del D.F. Rev. Soc. Quim. Mex. 25 (4): 486-487.

López L., M. A. y A. Rivera. 1995. Caracterización nutrimental de follaje de oyamel en proceso de declinación. II Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Soc. Mex. Rec. For. A.C. Chapingo, México. 50 p.

_____ ; M. I. Castañeda G. y A. Velázquez M. 1995. Sistema de evaluación del grado de daño de árboles de oyamel en proceso de declinación. II Congreso Mexicano de Recursos Forestales Soc. Mex. Rec. For. A.C. Chapingo, México. 51 p.

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.

Linday, W. L. and Norvell, W. A. 1978. Developmnt of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Sci. Soc. Am. J., 42: 421-428.

Lave, D. A., 1971. Evaluation of plant-available Zn by the DTPA soil test, 0.1 N HCl extraction, and labile Zn measurements. Ph. D. Thesis. Departament of Agronomy Colorado State University, Fort Collins, Univ. Microfilms, App Arbor, Mich. (Diss. Abstr. 31: 6157B).

Sarkunan, V.; Misra, A. K. and Nayar, P. 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.