



Palabras claves: contaminantes, árboles, metales pesados.

Key words: contaminant, trees, heavy metals.

Análisis de elementos contaminantes en especies arbóreas en la localidad de Lastenia (Provincia de Tucumán, Argentina):

1- Metales Pesados

Pablo G. Aceñolaza⁽¹⁾, M. Gallardo⁽²⁾, J.A. González⁽²⁾ y J.L. Fernández Turiel⁽³⁾ *

(1) Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología a la Producción N° 1 (CONICET). Matteri y España (3105) Diamante, Entre Ríos.
e-mail: acenopg@satlink.com

(2) Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán.

(3) Instituto Jaume Almera (CSIC), Barcelona, España.

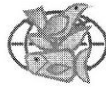
* Trabajo parcialmente financiado a través del acuerdo de cooperación bilateral existente entre el CONICET y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) de España.

RESUMEN

Se estudia el contenido de siete elementos trazas potencialmente contaminantes en hojas de cuatro especies arbóreas ubicadas en la cercanía de una fundición de plomo en la localidad de Lastenia, y se la compara con los valores obtenidos para una zona testigo ubicada en la localidad de Yerba Buena, ambas en la Provincia de Tucumán. *Jacaranda mimosifolia* sería la especie que posee mayor cantidad relativa de Cr, Cu, Pb, Zn y Cd en sus hojas, no así para Co y Ni. La distancia a la fuente de contaminación es un factor que influye directamente en el contenido de tales elementos, en las hojas de las especies estudiadas. Los mayores contenidos de Cu, Pb, Zn y Cd se detectaron en la zona cercana a la fundición, esa correlación no es tan directa para Cr, Co y Ni.

ABSTRACT

Analysis of contaminant elements in tree species at Lastenia Town (Tucumán, Argentina), 1: heavy metals. The amount of seven potentially toxic trace elements, are studied in leaves of four tree species placed near a lead smelter at Lastenia Town. A comparison among their concentration values and those obtained for the same species at Yerba Buena Town, is made. Jacaranda mimosifolia is the species which has the highest concentration of Cr, Cu, Pb, Zn and Cd and this fact is not observed for Co and Ni. The distance from the contamination focus could be the main factor that determinate the element concentration in leaves. The highest concentration of Cu, Pb, Zn and Cd, was detected close to the smelter, this correlation is no so direct for Cr, Co and Ni.



INTRODUCCION

Tucumán es una de las provincias con más alta densidad poblacional de la Argentina, aproximadamente 51 hab/km², sufre el efecto de la presencia de numerosos contaminantes tanto en agua, como en aire y suelo. Este efecto no solo se circunscribe a los núcleos urbanos sino también a zonas suburbanas y rurales, donde se han asentado algunas industrias generadoras de residuos orgánicos e inorgánicos (Apella *et al.*, 1993) que están afectando al ambiente y por consiguiente la calidad de vida de la población.

En los centros urbanos los mayores problemas son el ruido, la generación de residuos domésticos e industriales, la contaminación del aire por los automotores y la carga de contaminantes por efluentes, que son vehiculizados por el agua, o por cloacas, a los ríos y arroyos que atraviesan la provincia (Domínguez y Fernández, 1991). En algunas zonas rurales, los problemas principales se deben a la presencia de residuos industriales y agroquímicos que se encuentran en el suelo y aire.

Según datos no publicados de organismos oficiales, la carga de contaminantes presentes en el agua de los ríos de la provincia se debe en un 68 % a vinazas, 10,8 % a cachazas (ambos residuos de la industria azucarera), 18,8 % de la industria papelera, a lo que se debe sumar la actividad citrícola (0,46 %), mataderos (0,45 %), embotelladoras (0,35 %) y fábricas de dulces (0,75 %) (Fernando Juárez, com. pers.).

En cuanto a los contaminantes atmosféricos, los principales derivan de la combustión de motores de automóviles y de la actividad azucarera en la época de zafra. Según estimaciones oficiales los principales son: monóxido y dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos de cadena corta, que se generan en los procesos de combustión en los ingenios azucareros, además la presencia de partículas sólidas en suspensión y el plomo liberado en la combustión de gasolina por automóviles.

En general, existen datos cuantitativos no sistemáticos, sobre la calidad y concentración de estos agentes nocivos a la salud en centros urbanos, generalmente realizados por la Dirección de Saneamiento Ambiental de la provincia. Sin embargo, hasta el momento no se ha tomado en cuenta a las especies vegetales como bioindicadoras del grado de contaminación. Por el contrario, el uso de especies animales dio resultados positivos como indicadores del grado de contaminación en varios ríos de la provincia (Domínguez y Fernández, *op. cit.*).

Un caso puntual de contaminación es la presencia de

una fundición de plomo en la zona de Lastenia (Tucumán). Oficialmente, se determinó que existen emanaciones de SO₂ aunque no se avanzó en los análisis para conocer la existencia de otro tipo de sustancias. A pesar de que la incidencia de esta fuente de contaminación en el contexto provincial sería baja, los análisis que se presentan en este trabajo muestran 7 elementos contaminantes en los tejidos de especies arbóreas presentes en la zona. En base a antecedentes bibliográficos se discute su potencial peligrosidad, y su probable efecto sobre los organismos, tanto a nivel fisiológico como bioquímico.

MATERIAL Y METODOS

Área de Estudio

Se encuentra en la localidad de Lastenia (26° 45' S y 65° 10' W), departamento de Cruz Alta, provincia de Tucumán, a una altura de 430 msnm. El régimen climático de la zona es marcadamente biestacional, verano cálido y húmedo e invierno templado y seco, según la clasificación climática de Köppen le corresponde la fórmula Cwa. Según la clasificación de Soil Taxonomy USDA, encontramos Argiudoles a Argiustoles típicos (Zuccardi y Fadda, 1992).

La vegetación natural, hoy desplazada por la urbanización y los cultivos, correspondería al Bosque Pedemontano en transición hacia el Bosque Chaqueño (Vervoorst, 1982) con especies características como *Tipuana tipu* (tipa), *Enterolobium contortisiliquum* (pacará), *Anadenanthera coulubrina* var. *cebil* (cebil colorado), *Jacaranda mimosifolia* (tarco), que se mezclan con especies del Bosque Chaqueño como *Celtis tala* (tala), *Scutia buxifolia* (coronillo), y *Chorisia insignis* (palo borracho). Este tipo de vegetación natural ha ido disminuyendo en superficie hasta prácticamente desaparecer (Vervoorst, *op. cit.*) y en la zona, solo pueden observarse las especies que han sido difundidas para el arbolado urbano como es el caso del tarco, pacará y tipa.

Actualmente los cultivos más extendidos son los de la caña de azúcar y los horticolas. Más hacia el este se realizan cultivos estivales de secano como maíz, soja, sorgo y poroto. Existen también algunas explotaciones tamberas (Zuccardi y Fadda, *op. cit.*).

La zona elegida para el muestreo se ubica en las proximidades de una planta industrial destinada a la fundición de plomo. Teniendo en cuenta que los árboles son buenos bioindicadores de la presencia de contaminantes, se tomaron muestras de hojas de cuatro especies características de la zona, *Eucalyptus* sp. (eucalipto), *Jacaranda mimosifolia* (tarco), *Tabebuia*



Cuadro 1

Códigos y porcentajes de cenizas en cuatro especies arbóreas utilizadas en el estudio

Especie	Código	Lugar	Distancia a fundación (m)	Orientación	% de cenizas
<i>Eucalyptus</i> sp.	E1	Lastenia	300	EN	11,4
	E2	Lastenia	600	EN	7,8
	E3	Yerba Buena	15000	W	9,6
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	J1	Lastenia	50	S	7,2
	J2	Yerba Buena	15000	W	8,0
<i>Tabebuia avellanedae</i>	L1	Lastenia	30	S	13,1
	L2	Lastenia	300	N	10,3
	L3	Yerba Buena	15000	W	13,7
<i>Cedrela</i> sp.	C1	Lastenia	200	N	16,0
	C2	Yerba Buena	15000	W	18,2

avellanedae (lapacho rosa) y *Cedrela* sp. (cedro), que se encontraban en los alrededores de la fábrica y a distancias de hasta 600 m (Cuadro 1). Como referencia se tomaron las mismas especies que crecían a 15 km (localidad de Yerba Buena) al oeste de la fundación. Los muestreos se realizaron en septiembre de 1991.

Las hojas, a las que se les eliminó el nervio medio, fueron troceadas y se secaron en estufa a 84°C durante 24hs. Luego se procedió a su incineración en una mufla eléctrica a 450°C para la obtención de cenizas (Cuadro 1) (Hall, *et al.*, 1990). Los resultados que se consiguen para el porcentaje de cenizas son la media de tres repeticiones. Posteriormente se determinaron 46 elementos trazas (Li, Be, B, Ti, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Te, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Yb, Hf, Ta, Au, Hg, Pb, Bi, Th, U) por medio de la técnica de Espectrometría de Masa con fuente de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) (Dunn *et al.*, 1989; Hall *et al.*, 1991). Para ello 0,1 g de cenizas fueron digeridas con HNO₃, HClO₄ y HF (2:2:1 v/v) y luego evaporado casi a sequedad. Finalmente se llevó a 100 ml con HNO₃ al 2% y con esa solución se aplicó la técnica mencionada.

El espectrómetro usado fue un PlasmaQuad PQ2+ (FISONS, Manchester, GB) y un nebulizador (V-groove). El aprovisionamiento de la muestra fue controlado por una bomba peristáltica (Gilson Minipuls 2) y un muestreador Gilson (Gilson Medical Electronics, WI, EE.UU.). Las condiciones de operación fueron: RF power de 1350 kw, velocidad de flujo de plasma de aire de 14,0 l/minuto; flujo auxiliar de 2 l/minuto; velocidad de

flujo del nebulizador de 0,95 l/minuto y volumen de entrada de la solución de 1,0 ml/minuto.

RESULTADOS

Los principales elementos contaminantes detectados en las especies arbóreas muestreadas en Lastenia, fueron el plomo (Pb), zinc (Zn), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), cobalto (Co) y níquel (Ni) (Cuadro 2).

El plomo es el contaminante que se detectó en mayor concentración en el área. (Cuadro 2).

Entre las especies utilizadas como bioindicadoras, la que más plomo acumuló fue el tarco, con un valor de 6,56 mg/kg peso seco. En segundo lugar se ubicaron los lapachos con una concentración de 1,74 mg de plomo / kg de peso seco, y en tercer lugar el cedro con 1,47 mg / kg de peso seco.

El análisis comparativo entre las zonas de muestreo demostró que el contenido de plomo en tarco en la zona ubicada a 15 km de la fundación, es de solo 1,26% del que se registra a 50 m de la misma, es decir casi 80 veces menos. El mismo análisis realizado para la presencia de Pb en lapachos demostró que los árboles ubicados a 300 m y 15 km representaron solo un 4,64 y 7,04% con respecto al valor registrado para los árboles ubicados en las cercanías de la fundación (Fig. 1-5).

Se observaron altas concentraciones de Zn en las plantas muestreadas en Yerba Buena (Cuadro 2) excepto para el tarco.



Cuadro 2

Concentraciones de 46 elementos trazas determinados en las muestras de material vegetal, expresados en mg/kg⁻¹ y referidos a cenizas

Elementos /muestra	E ₁	I ₁	E ₂	L ₂	C ₁	L ₁	E ₃	L ₃	C ₂	I ₂
Li	618,65	479,44	98,15	54,39	334,57	266,37	778,43	118,19	51,96	217,85
Be	2,57	5,97	0,53	0,38	2,28	2,99	2,81	2,32	1,43	3,61
B	539,11	99,04	17,59	48,05	578,23	326,38	440,38	109,44	745,56	905,04
Ti	850,72	3851,30	178,75	133,49	1119,60	1359,50	998,64	937,41	551,76	1111,10
V	641,43	4064,00	128,86	62,27	1111,10	1360,90	832,98	750,82	778,36	1134,00
Cr	89,61	167,52	3,81	3,84	110,48	107,46	107,61	108,20	84,25	155,56
Co	21,80	38,21	3,48	2,15	35,26	23,44	25,94	25,28	18,63	35,10
Ni	193,70	242,00	79,13	14,66	170,16	155,02	191,81	204,28	127,93	228,91
Cu	575,84	5111,20	75,68	84,17	501,00	869,91	352,33	1730,60	184,06	760,34
Zn	3971,70	19279,00	387,70	375,80	2792,50	3430,00	2088,40	2454,80	1660,50	2249,50
Ga	15,02	40,31	3,00	2,22	16,37	24,80	14,68	17,45	9,37	24,46
Ge	1,97	6,20	-0,23	-0,02	2,38	2,29	1,72	2,13	1,86	2,26
As	205,12	570,14	43,84	42,31	207,68	243,62	146,00	218,43	166,53	209,15
Rb	223,49	779,04	41,93	71,38	286,24	395,19	205,62	166,64	109,81	248,42
Sr	9331,30	8507,40	1418,70	1728,90	9349,50	7587,90	6725,80	10384,00	4432,30	8600,70
Y	13,38	41,41	2,89	2,22	17,37	25,88	17,07	19,25	8,89	23,99
Zr	9,38	70,07	2,83	1,00	13,74	23,49	10,45	3,17	4,49	4,43
Nb	1,96	32,43	0,73	0,40	5,24	9,30	2,25	1,31	1,43	1,75
Mo	10,66	49,62	1,58	4,11	5,79	19,15	9,40	20,52	20,62	26,81
Ag	24,98	156,91	2,10	1,33	28,58	42,49	9,79	12,60	13,06	18,07
Cd	40,33	431,26	4,05	5,15	37,21	49,57	4,36	6,99	7,86	13,04
Sn	54,28	1189,80	1,61	3,86	25,17	84,72	4,36	5,66	2,97	4,43
Sb	22,03	1720,10	2,53	3,13	48,52	86,77	1,82	2,02	2,07	2,16
Te	17,50	19,68	3,37	1,66	22,29	21,01	19,64	18,36	21,23	21,08
Cs	10,38	46,69	3,17	3,35	15,76	19,54	7,51	9,01	4,38	11,54
Ba	4500,50	2254,10	703,08	201,39	3395,60	1194,80	3556,40	1766,50	1203,60	3381,40
La	23,90	76,56	5,62	3,91	31,30	45,30	26,32	33,00	16,04	44,27
Ce	66,04	260,57	17,66	11,52	95,57	149,23	80,59	109,13	51,29	146,70
Fr	5,42	17,68	1,28	0,85	6,47	10,14	5,76	7,78	3,87	10,07
Nd	17,99	71,58	4,93	3,19	25,18	43,84	24,14	30,34	15,30	41,38
Sm	4,13	15,76	0,80	0,60	6,93	9,58	4,69	6,19	3,26	9,03
Eu	1,41	2,71	0,29	0,17	1,67	1,47	1,53	1,54	1,01	1,69
Gd	3,68	10,08	0,81	0,52	5,98	6,45	4,79	4,83	3,01	8,85
Th	0,61	1,77	0,16	0,10	0,74	1,07	0,66	0,61	0,50	1,01
Dy	2,31	8,65	0,72	0,53	3,37	5,12	2,61	3,90	2,10	5,31
Ho	0,67	1,85	0,16	0,10	0,87	1,35	0,80	1,07	0,60	1,16
Er	1,39	4,25	0,29	0,19	2,00	2,83	1,76	2,15	1,35	3,02
Yb	1,62	4,43	0,39	0,31	1,73	3,29	1,93	2,20	1,18	2,80
Hf	1,84	5,62	1,41	0,62	3,19	2,29	2,54	2,43	2,28	3,32
Ta	0,47	4,65	0,06	0,04	1,06	0,75	0,39	0,46	0,13	0,39
Au	0,58	1,06	0,13	0,10	1,20	0,96	0,70	0,52	0,03	1,05
Hg	1,75	2,76	-0,05	0,00	4,14	2,09	2,05	1,83	3,66	2,07
Pb	7479,20	92401,00	513,56	782,93	9147,50	13293,00	9033,31	895,72	417,58	1029,30
Bi	1,92	15,54	0,46	0,42	2,73	4,23	1,07	1,09	0,89	1,54
Th	9,18	34,51	2,44	1,72	10,96	19,82	12,65	15,91	5,57	19,55
U	6,89	26,04	1,69	1,63	10,51	11,26	6,35	7,81	3,23	10,78

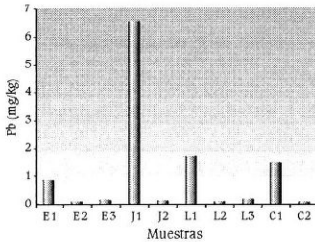
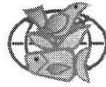


Figura 1

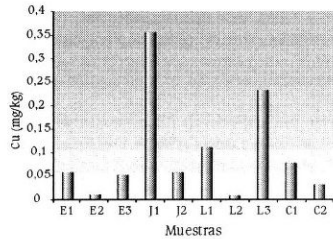


Figura 4

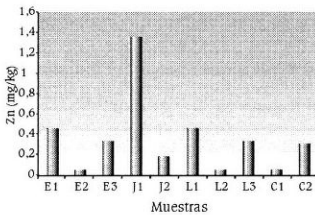


Figura 2

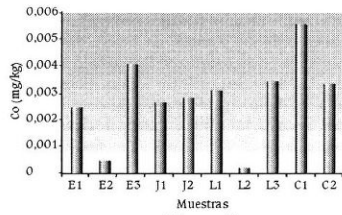


Figura 5

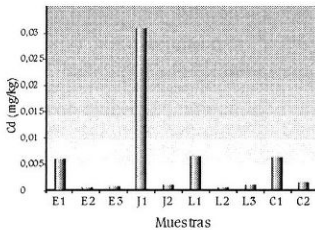


Figura 3

Figura 1: Concentración de plomo por kg de materia orgánica seca (Cuadro 2)

Figura 2: Concentración de zinc por kg de materia orgánica seca (Cuadro 2)

Figura 3: Concentración de cadmio por kg de materia orgánica seca (Cuadro 2)

Figura 4: Concentración de cobre por kg de materia orgánica seca (Cuadro 2)

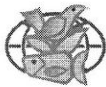
Figura 5: Concentración de cobalto por kg de materia orgánica seca (Cuadro 2)

DISCUSION

Los datos sugieren que las especies arbóreas muestreadas podrían ser bioindicadores de la contaminación. Se puede observar que *J. mimosifolia* es la especie que posee las mayores concentraciones relativas de Pb, Zn, Cd y Cu (Figura 1, 2, 3 y 4), pudiendo

inferirse que para estos elementos sería la que mejor se comporta como bioconcentradora en procesos de contaminación por metales.

Con respecto al comportamiento de las otras especies, no se observa un patrón tan claro como el que posee *J. mimosifolia*; ello puede ser debido a factores tales como condiciones microclimáticas, localización respecto al



foco contaminado, enriquecimiento selectivo en determinados órganos de la planta, variaciones en el suelo, etc. Un muestreo de diseño serial o reticular, contribuiría a aclarar este tipo de tendencias.

Las variaciones de concentración encontradas en los diferentes sitios estudiados estarían en relación directa a la concentración de estos elementos en el suelo y los depositados por polvos atmosféricos en las hojas, es decir, con la distancia al foco de contaminación. Si observamos las mismas gráficas, muestran que las concentraciones de plomo disminuyen rápidamente al alejarnos de su fuente, que es un elemento pesado, de baja movilidad química; por ejemplo para plomo (ver Figura 1) las secuencias E1—E2—E3, J1—J2, L1—L2 o C1—C2 (Nriagu, 1984).

Otros elementos como el Co o el Ni (Fig. 5), no presentan una variación atribuible a la presencia de la fuente de contaminación.

Si bien ciertos metales pesados son esenciales para el crecimiento de las plantas, en exceso producen una disminución en su productividad, debido a su interferencia en numerosos caminos biosintéticos, pudiendo llegar a ser tóxicos para muchas especies.

Así por ejemplo, tanto el contenido de clorofilas como la asimilación fotosintética se ven reducidas por la acción del Pb (Hampp y Lenzain, 1974). Por otro lado, se ha demostrado que tanto el largo de las raíces como la aludida concentración de las clorofilas, disminuyen a medida que aumenta la concentración de Pb y Zn (Symeonidis y Karataglis, 1992). El Zn es un elemento que interviene en la biosíntesis de auxinas y participa en el metabolismo general de la planta como activador de varias enzimas (Barceló Coll, et al., 1988). También el Cd induce reducción en los niveles de clorofilas, lo mismo que el Cr. Por otro lado, el Cu forma parte de enzimas como la fenolasa y el ácido ascórbico oxidasa e interviene en la fotosíntesis formando parte de un transportador de electrones (Barceló Coll, et al., op. cit.); por lo que su exceso produce modificaciones estructurales, además de reducir la clorofila (Eleftheriou y Karataglis, 1989).

Co, Ni y Zn, inhiben la exportación de asimilados en *Phaseolus vulgaris*, y aumenta la acumulación de sacarosa, azúcares reductores y almidón (Rausser, 1978; Samarakoon y Rausser, 1979), lo que se ha interpretado como una disminución en la carga de los elementos conductores.

La presencia de plomo en vegetales destinados directa o indirectamente al consumo humano, puede traer aparejado anemia con hemólisis de las células rojas maduras y alteraciones en la síntesis de hemoglobina, trastornos gastrointestinales y neuropatías periféricas. Los efectos en los niños son más serios, observándose

encefalopatías que tienen como secuelas, el retardo mental, convulsiones recurrentes y trastornos motrices (Chilson, 1976; Boemno et al., 1991).

CONCLUSIONES

Del estudio efectuado podemos concluir que las especies arbóreas muestreadas (*Jacaranda mimosifolia*, *Eucalyptus* sp. y *Cedrela* sp.), podrían ser indicadoras de procesos contaminantes dado su capacidad de incorporar estos elementos a sus tejidos foliares; de las especies señaladas *J. mimosifolia* es la que presenta mayores concentraciones de plomo, zinc, cadmio y cobre. Además, existe una relación directa entre la distancia al foco contaminante y las concentraciones observadas de plomo, zinc, cadmio para todas las especies estudiadas. Las elevadas concentraciones de Pb, Cr, Co, Zn y Cd en las especies arbóreas localizadas en las proximidades de la fundición, hace necesario un estudio más detallado del área potencialmente contaminada, a través del análisis de suelos y plantas, así como de los niveles de tales elementos en las personas que allí viven. Para esto sería conveniente aplicar un diseño de muestreo secuencial sobre una grilla geométrica.

AGRADECIMIENTOS

A M. Cabañas (Instituto Jaume Almera-CSIC) y Bioq. María Eugenia Medina (Fac. Cs. Nat. e IML-UNT).

REFERENCIAS

- Apella, C.; E. Domínguez; H.R. Fernández; M. Hidalgo. 1993. Impacto del efluente de una industria papelera sobre las características físico-químicas y biológicas del río Colorado. *II Congreso Regional el NOA y su Medio Ambiente*: 5-10. Salta.
- Barceló Coll, J.; G. Nicolás Rodrigo; B. Sabater García y R. Sánchez Tamés. 1988. Fisiología Vegetal. *Ed. Pirámide* 823 p.
- Boemno, A.; A. Varillas; M.S.R. de Sastre; P. Kirsschbaum. 1991. Estudio cuantitativo de plomo en ríos de Salta. *I Congreso Regional el NOA y su Medio Ambiente*: 245-249. UNT. Tucumán.
- Chilson, J. J. (Jr.) 1976. Envenenamiento con plomo. En Química de la Ecósfera, *Ed. Selecciones de Científica American.* : 391-400.
- Domínguez, E. y H. R. Fernández. 1991. Informe preliminar sobre el estado de ciertos ríos de Tucumán. *I Congreso Regional el NOA y su Medio Ambiente*: 251-255. UNT. Tucumán.



- Dunn, C.E.; G.E.M. Hall, y E. Hoffman. 1989.** Platinum group metals in common plants of northern forest: developments in analytical methods, and the application of biogeochemistry to exploration strategies. En: S.E. Jenness *et al.*, (Editors) Geochemical Exploration. *J. Geochem. Explor.*: 211-222.
- Eleftheriou, E.P. y S. Karataglis. 1989.** Ultrastructural and morphological characteristic of cultivated wheat growing on copper polluted field. *Bot. Acta* : 134-140.
- Hall, G.E.M.; J.C. Pelchat, y C.E. Dunn. 1990.** The determination of Au, Pb and Pt in ashed vegetation by ICP-mass spectrometry and graphite furnace atomic absorption spectrometry. En: C.E. Dunn; G.F. Curtin and G.E.M. Hall (Editors), Geochemistry of Platinum-group Elements. *J. Geochem. Explor.* : 1-23.
- Hall, G.E.M.; Rencz, A.N. y Mclaurin, A.I. 1991.** Comparison of analytical results for gold in vegetation with and without high temperature ashing. *J. Geochem. Explor.* : 291-307.
- Hampp, R. y K. Lenzain. 1974.** Effect of lead ion on chlorophyll synthesis. *Naturwissenschaften* 61: 218-219.
- Nriagu, J.O. (Ed.) 1984.** Environmental Impact of Smelters. *John Wiley & Sons. Ed.* 608 pp.
- Rausser, W.E. 1978.** Early effect of phytotoxic burdens of cadmium, cobalt, nickel and zinc in white bean. *Can. J. Bot.* 56: 1744-1749.
- Samarakoon, A.B. y W.E. Rausser. 1979.** Carbohydrate levels and photoassimilate export from leaves of *Phaseolus vulgaris* exposed to excess cobalt, nickel and zinc. *Plant Physiol.* 63: 1165-1169.
- Symeonidis L. y S. Karataglis. 1992.** The effect of lead and zinc on plant grow and chlorophyll content of *Holcus lanatus* L. *J. Agr. Crop Sci.* : 108-112.
- Vervoorst, F. 1982.** Noroeste, conservación de la vegetación natural en la República Argentina. *Serie Conservación de la Naturaleza* 2: 9-24. FML. Tucumán.
- Zuccardi, R.B. y G.S. Fadda. 1992.** Bosquejo agrológico de la provincia de Tucumán. *Miscelánea* 86 FAZ (UNT) 63 p. Tucumán.

Recibido/Received/: 19 junio 1998

Aceptado/Accepted/: 20 mayo 1999