

## CUANTIFICACION DE CROMO EN SUELO Y VEGETALES DE UNA ZONA CONTAMINADA POR CROMO RESIDUAL DE ORIGEN INDUSTRIAL

IRMA ROSAS PÉREZ, ARMANDO BÁEZ PEDRAJO,  
RAÚL BELMONT DÁVILA Y RAFAEL VILLALOBOS-  
PIETRINI\*

Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM.  
Circuito Exterior Ciudad Universitaria, México  
20, D. F.

### RESUMEN

La carencia de instalaciones adecuadas en la Fábrica de "Cromatos de México, S. A.", ubicada en Lechería, Estado de México, ha facilitado que el cromo residual sea transportado por la lluvia y el aire, a los suelos y vegetales, contaminando la zona. Entre estos vegetales se encuentran sembradíos de maíz, plantas frutales y ornamentales, cuyos niveles de cromo, en relación a los determinados en las plantas testigo son significativamente mayores. Se detectó la máxima concentración en las hojas debido a la contaminación del aire. Asimismo, la mínima concentración se determinó en el grano de las plantas de maíz debido a la baja traslocación del metal dentro de la planta. Los efectos observados en los vegetales no se deben adjudicar exclusivamente al cromo, ya que la zona está expuesta a innumerables desechos del complejo industrial establecido en ella.

### ABSTRACT

There is, in Lechería Town, State of Mexico a chromite ore processing plant, "Cromatos de Mexico, S. A.", which has been operating without any air and water pollution control equipment since the factory began its production. As a consequence, chromium residues from the factory have been dispersed by winds and run off waters over the entire area contaminating the soil and vegetation. Included in the vegetation are mentioned, corn fields, fruit and ornamental trees. Chromium levels found in these plants were higher than those found in the control vegetation.

Maximum chromium concentrations were detected in leaves, this can be attributed to the sedimentation and wash out of chromium particles from the atmosphere. On the other hand, minimum concentration was measured in the corn grain. It is assumed that it is due to the low translocation processes into the plant, with regard to this metal.

It was not possible to detect the isolated chromium effects in the vegetation because the area has been exposed to all types of air pollutants originated from an industrial complex located in Lechería zone.

### INTRODUCCION

Según Browning (1969), aunque el cromo está presente en pequeñas cantidades en todos los suelos y plantas, no hay evidencia de que sea utilizado por ellos. De

\* Instituto de Biología, Cd. Universitaria, México 20, D. F.

acuerdo con Robinson (1914), este elemento puede encontrarse en el suelo como óxido de cromo ( $\text{CrO}_4^{=}$ ), desde trazas hasta 250 mg/kg. Los valores más altos de cromo se han descrito en suelos derivados de basalto y serpentina (Soane y Saunder, 1959, Vorobe'v y Kudoshnikov, 1967; Lyon *et al.*, 1968; Tarbox y Outram, 1975).

En la Unión Soviética se han determinado concentraciones de 50 a 110 ppm de cromo en diferentes tipos de suelo, considerándose de 40 a 60 ppm. como concentraciones normales (Taylor *et al.*, 1974).

Las concentraciones naturales de cromo en vegetales se han estimado entre 0.01 y 1ppm y en los frutos de 25 familias botánicas se han presentado concentraciones entre 0.1 a 0.5 ppm. (Saint-Rat, 1948); asimismo, se han determinado valores en arbustos, encinos y en otras especies de árboles, del orden de 0.2 a 0.6 ppm. (Hanna y Grant, 1962; Taylor *et al.*, 1974).

En la clasificación de citotóxica de 54 elementos probados en protoplastos de *Nicotiana tabacum*, el cromo se consideró entre los elementos tóxicos (Siegel, 1977). El  $\text{CrO}_4^{=}$  es un tóxico más potente que su forma catiónica divalente, afectando los protoplastos e inhibiendo la germinación (Siegel, 1977).

Los líquenes son capaces de absorber y acumular metales pesados emitidos a la atmósfera y por ello es posible utilizarlos como sensores en los programas de contaminación ambiental ya que se ha comprobado que en los lugares en los que se encuentran líquenes con altos niveles de cromo, existen industrias procesadoras del metal (Garty *et al.*, 1976).

Mortvedt y Giordano (1975) consideran que el cromo presente en los desechos municipales a una concentración tan alta como 1,360 ppm. no afecta notablemente a los sembradíos de maíz aunque estén sometidos a exposiciones largas, probablemente porque la forma en que se encuentran no es accesible al vegetal, mientras que el cromo en forma inorgánica, a concentraciones de 80 a 320 ppm, produce efectos tóxicos severos, y lo es más en la forma hexavalente ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{=}$ ) que en la trivalente ( $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ).

En la zona de Lechería, Edo. de México, está ubicada una industria de cromo y sus derivados "Cromatos de México, S. A.", cuyos desechos han llegado a los suelos o han sido transportados por la lluvia y el aire directamente (Báez *et al.*, 1977). En estos suelos crecen diversos tipos de vegetales (maíz, plantas frutales y ornamentales) que están expuestos junto con la población humana y animal, a los innumerables desechos del complejo industrial ahí establecido.

En esto se basa el interés de quantificar las concentraciones de cromo presentes en los vegetales de la zona, principalmente maíz, que es consumido por los habitantes de la región y por el ganado vacuno y porcino.

## MATERIAL Y METODO

### Muestreo

En los meses de julio a septiembre de 1977, se realizaron muestreos de vegetales y de suelo de la zona de Lechería, en los sitios indicados en al Fig. 1. El

COL. LECHERIA SAN FCO. CHILPAN TULTILAN, EDO. DE MEXICO

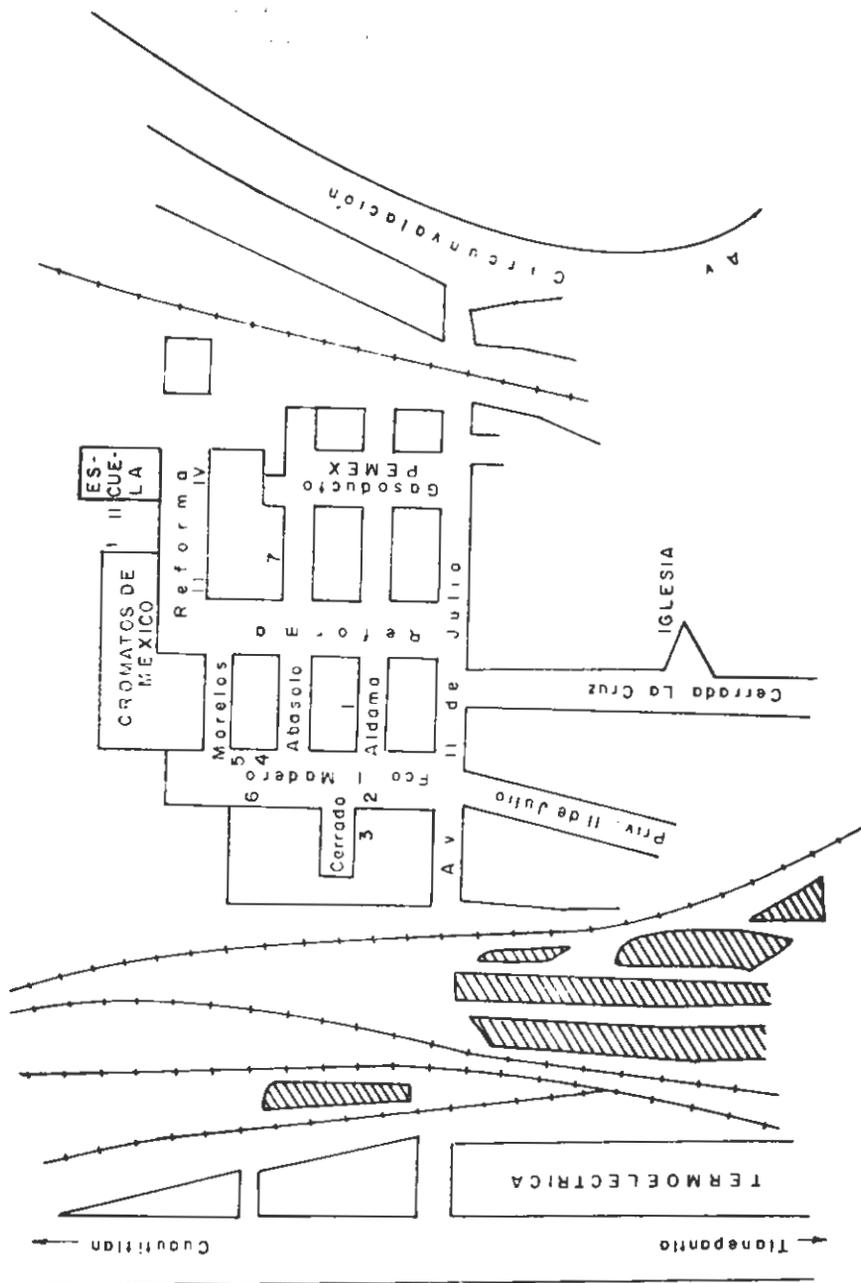


Fig. 1. Localización de los Sitios de Muestreo. Números romanos, sembradíos de maíz; números arábigos, plantas de las diversas calles de la colonia de Lechería.

suelo y los vegetales testigos se colectaron en el Pedregal de San Angel y en Xochimilco, al sur de la ciudad de México. En los sembradíos de maíz, se colectaron tres plantas, una en el centro y dos en extremos opuestos de cada parcela. De los vegetales ornamentales y frutales únicamente se tomaron las hojas de una sola planta por sitio. La colecta se depositó en bolsas de plástico, una por cada vegetal y para cada muestra de suelo. Una vez etiquetadas, se transportaron al laboratorio para su identificación y análisis.

### *Preparación de la muestra*

Una vez separadas la raíz, el tallo, las hojas y el fruto de cada planta, se cortaron pedazos pequeños tratando de homogeneizar la muestra, de la cual se tomaron de 1 a 10 gr; se colocaron en vasos de precipitado, se lavaron varias veces con agua destilada, ácido nítrico diluido y finalmente con agua desionizada, se secaron en la estufa a 100°C, se dejaron enfriar en el desecador y se pesaron. Se agruparon 2 ml de HNO<sub>3</sub> concentrado, se evaporaron a sequedad y posteriormente se calcinaron durante toda la noche a 450°C; ya en cenizas se añadieron 5 ml de HNO<sub>3</sub> al 5 % (con objeto de disolver las cenizas) y 20 ml de H<sub>2</sub>O desionizada, estas soluciones se evaporan hasta reducir su volumen a la mitad, filtrándose en caso necesario, finalmente se aforaron a 50 ml con agua desionizada, quedando listas para hacer las lecturas en el espectrofotómetro de absorción atómica.

### *Determinación de cromo en las muestras*

El método utilizado para determinar este metal fue el de absorción atómica por medio de las técnicas de flama y sin flama, empleándose para ello un aparato Perkin-Elmer 460, equipado con un aditamento de horno de grafito modelo 2100 que a la vez que permite el manejo de muestras pequeñas posee una sensibilidad muy alta (Pekarek *et al.*, 1974).

## RESULTADOS

En la tabla 1 están contenidos los valores de cromo en suelos, agua de lluvias y plantas de maíz (*Zea mays*) de la zona de Lechería (Fig. 1, I-IV) y de Xochimilco (Fig. 1, V) considerada como testigo.

Las concentraciones determinadas en los suelos de la zona cercana a la fábrica de "Cromatos de México, S. A.", fueron superiores al valor promedio registrados en los suelos de la zona testigo (2 a 16 veces mayores).

Las plantas de maíz testigo presentaron concentraciones 5 veces menores que las encontradas en las plantas de la zona contaminada.

La poca movilidad del cromo en el vegetal pudo observarse en las plantas de maíz testigo que presentaron la máxima concentración del metal en la raíz y la mínima en el grano.

Las determinaciones de cromo en agua de lluvia permiten tener una idea de la contaminación atmosférica provocada por el metal. En nuestro estudio fue posible comprobar un orden de 100 veces mayor en la zona de Lechería con respecto a la zona testigo (Tabla I).

En la Tabla II, se presentan las concentraciones de cromo halladas en las hojas de los vegetales de la zona de Lechería y de la zona del Pedregal de San

TABLA I. CONCENTRACION DE CROMO EN AGUA DE LLUVIA ( $\mu\text{g/ml}$ ), SUELO Y PLANTAS DE MAIZ (ppm) DE LAS ZONAS DE LECHERIA Y XOCHIMILCO

Sitio de Muestreo	Tierra	Raíz*	Tallo*	Hojas*	Inflorescencia*	Grano*
I	257.30	167.70 — 216.80 190.63	3.80 — 5.90 5.00	48.04 — 113.26 84.45	230.00 — 246.00 238.00	0.49 — 0.81 0.73
II	36.20	52.40 — 66.00 60.47	6.00 — 5.90 6.00	78.38 — 104.27 97.07	98.90 — 101.30 100.00	0.26 — 0.34 0.30
III	275.20	112.00 — 143.30 129.20	3.70 — 11.80 7.60	205.20 — 397.58 328.33	212.20 — 242.00 227.10	0.82 — 1.55 1.10
IV	58.60	48.20 — 56.40 48.60	8.96 — 10.10 9.20	58.03 — 180.32 135.60	178.20 — 205.00 191.60	0.74 — 0.94 0.86
V**	17.10	2.15 — 3.82 3.00	0.43 — 0.82 0.45	0.28 — 0.75 0.55	0.69 — 0.82 0.76	0.13 — 0.19 0.16

AGUA DE LLUVIA

\* Zona de Lechería  
0.266 — 0.402  
0.314

\* Zona Sur  
0.003 — 0.008  
0.004

\* Concentraciones: mínima — máxima.  
promedio  
Plantas testigo muestreadas en Xochimilco.

TABLA II. DETERMINACION DE CROMO (ppm) EN LAS HOJAS DE VEGETALES DE LA ZONA DE LECHERIA Y DEL PEDREGAL DE SAN ANGEL (ZONA ZUR)

Sitio de Muestreo		Zona de Lechería	Zona del Sur
1	<i>Prunus persica</i> (durazno)	119.40 (14.03)*	—
2	<i>Ligustrum lucidum</i> (trueno)	450.31	0.59
3	<i>Erythrina americana</i> (colorín)	498.99	0.84
4	<i>Schinus molle</i> (pirú)	108.46	1.19
5	<i>Hydrangia hortensia</i> (hortensia)	200.81	0.13
6	<i>Rosa</i> spp. (rosa)	204.63	0.42
7	<i>Geranium</i> spp. (geranio)	148.51	0.18

\* Determinación en fruto.

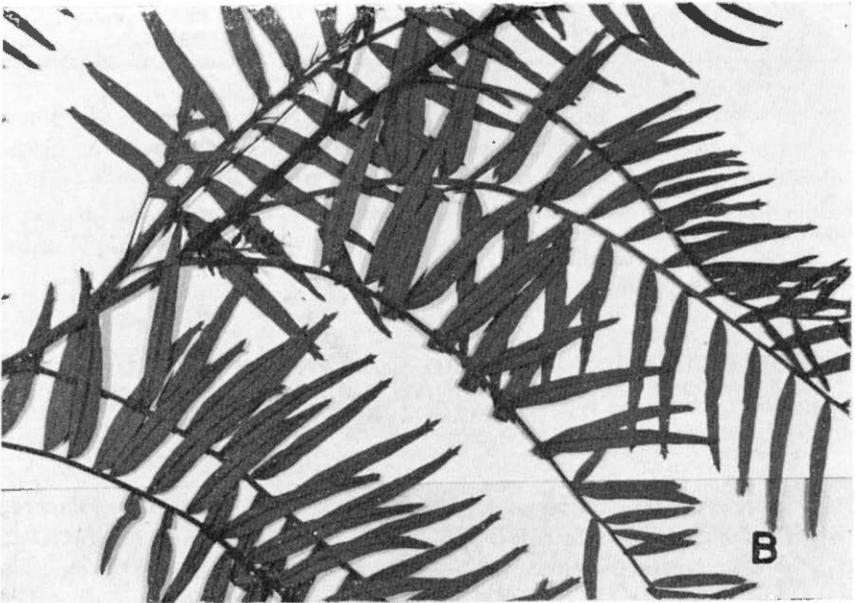


Fig. 2. *Schinus molle* (pirú). A) Muestreado en la zona de Lechería (Fig. 1-4) presenta en las hojas, zonas necrosados en forma de puntuaciones negras acentuándose más en los márgenes. B) Muestreado en el Pedregal de San Angel, no presenta ninguna afección.

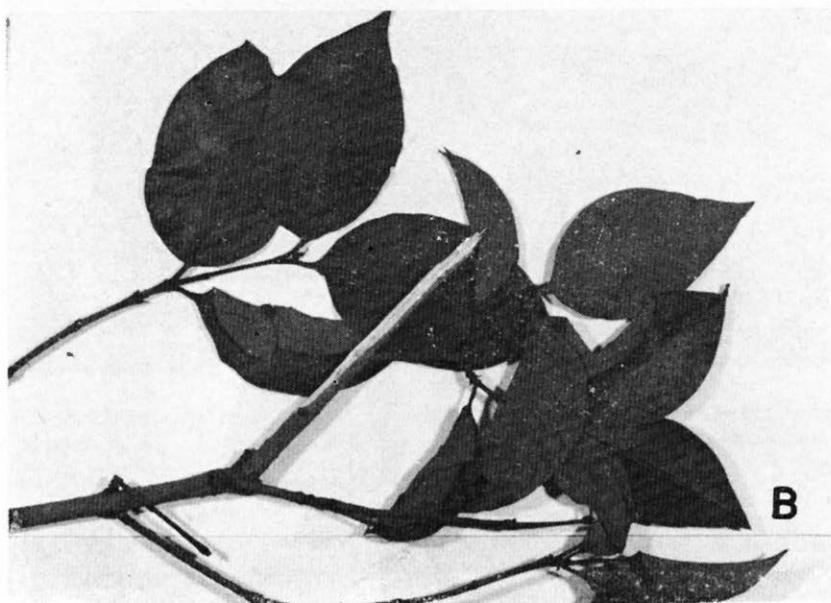
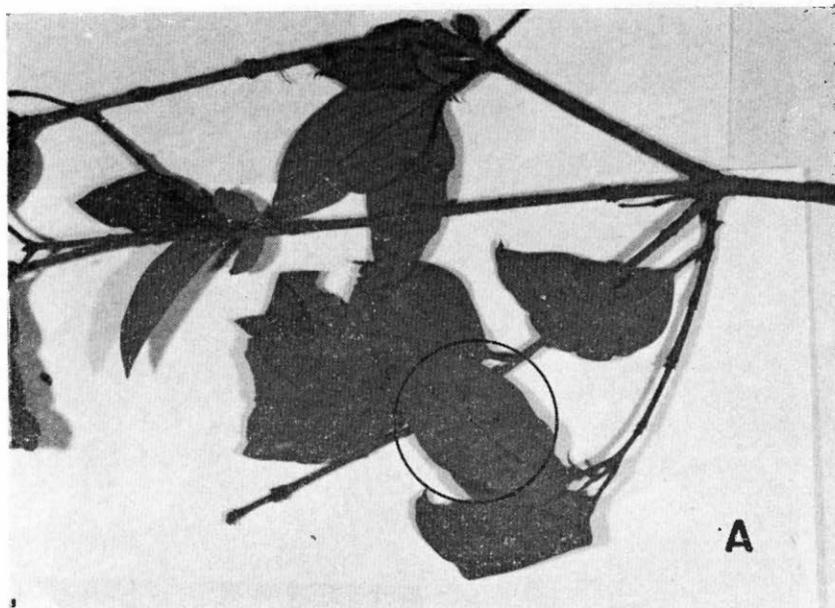


Fig. 3. *Ligustrum lucidum* (trueno). A) colectado en la zona de Lechería (Fig. 1-2) se observan en las hojas necrosadas en forma de puntos negros. B) Colectado en el Pedregal de San Angel, no presenta alteraciones.

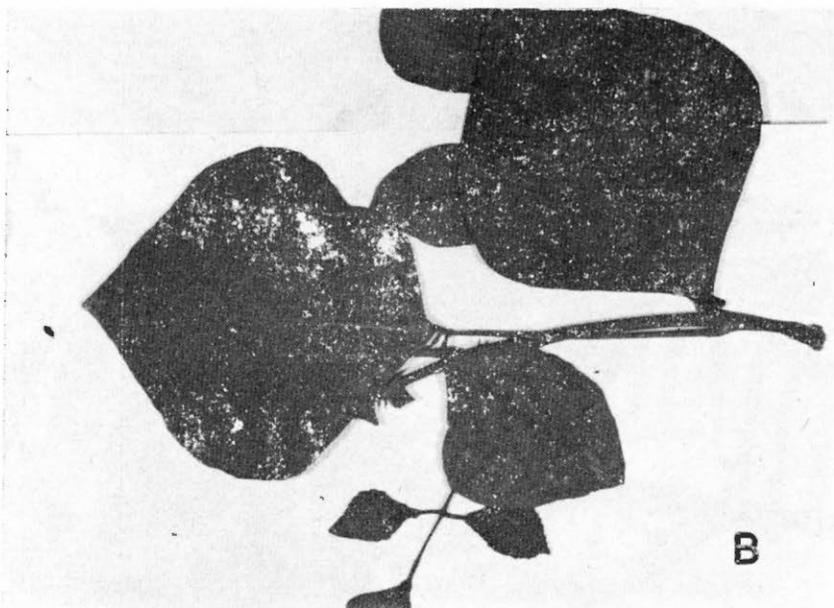
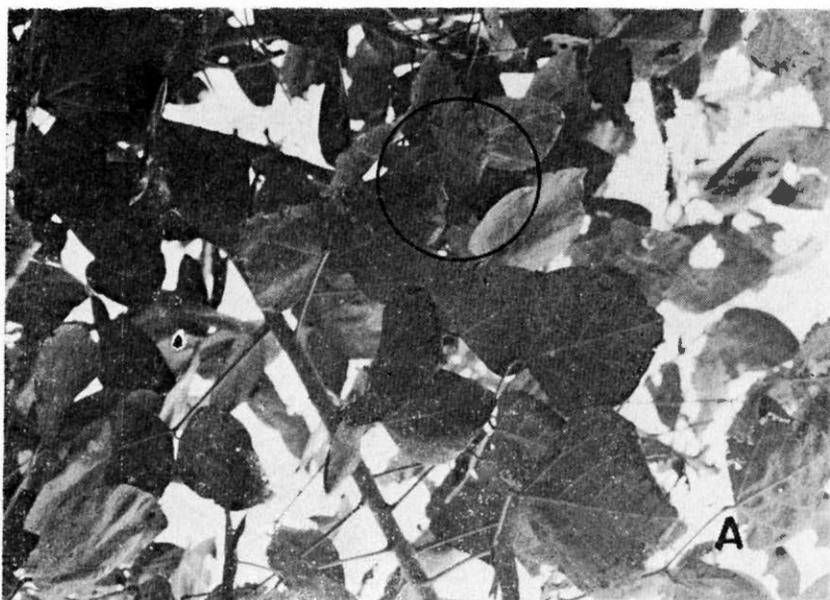


Fig. 4. *Erythrina americana* (colorín). A) Colectado en la zona de Lechería (Fig. 1-3) esta planta está severamente dañada presentando zonas necrosadas en los bordes de las hojas. B) Colectado en el Pedregal de San Angel, sin alteración aparente.

Angel (testigo); los vegetales de la zona sur presentan concentraciones menores de 1 ppm, mientras que los de Lechería contienen hasta 498 ppm; la mayoría de estos vegetales son ornamentales y son muy útiles para desarrollar criterios acerca de la acumulación del metal a través del tiempo en esta zona; esto no sucede con el maíz puesto que su siembra es temporal.

En las figuras de la 2 a la 8 pueden observarse los daños sufridos por la vegetación en la zona de Lechería en comparación con las plantas testigo.

Las figuras 2A, 3A y 4A presentan zonas necrosadas en forma de puntos negros en las hojas, más acentuadas en el vegetal de la figura 4A, cuyos bordes están totalmente necrosados, extendiéndose hacia el centro de la hoja, éste es uno de los vegetales más dañados. Las correspondientes plantas testigo de las figuras 2B, 3B y 4B, no presentan ninguna afección.



Fig. 5. Sembradío de maíz (*Zea mays*) ubicado junto a la fábrica de "Cromatos de México, S. A." (Fig. 1-1) estas plantas presentan zonas necrosadas, tanto en el tallo, como en las hojas.

Con respecto a las plantas de maíz en los diferentes sembradíos de la zona de Lechería representados en las figuras de la 5 a la 8, son evidentes las zonas necrosadas, tanto en el tallo como en las hojas, acentuándose en las zonas marginales, con manchas cloróticas a lo largo de las venas; la planta testigo (Fig. 9), presenta una coloración verde intensa, con ausencia de zonas cloróticas.

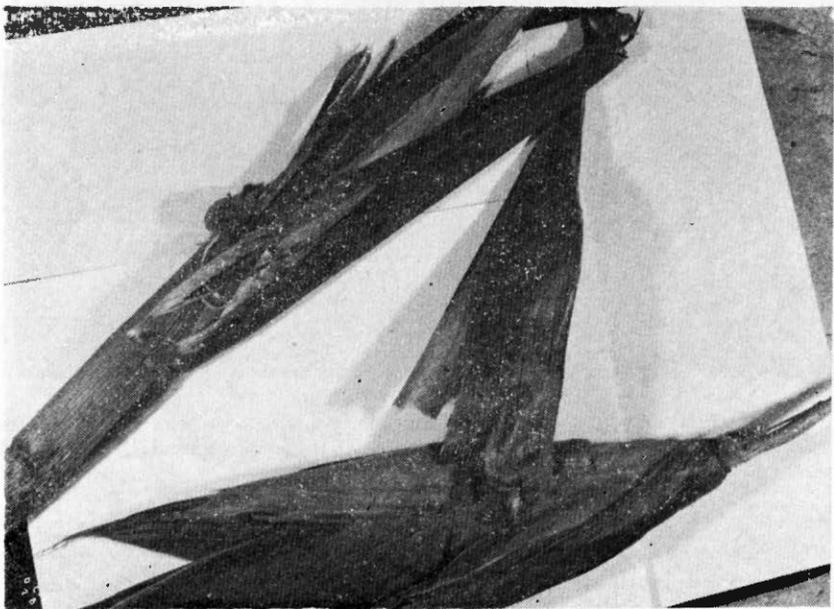


Fig. 6. Planta colectada del sembradío de maíz ubicado junto a la fábrica "Cromatos de México, S. A." (Fig. 1-1), en las hojas puede observarse una necrosis acentuada en las zonas marginales, a lo largo de las venas presenta manchas cloróticas. En el resto del vegetal se notan puntos oscuros.



Fig. 7. Sembradío de maíz ubicado frente a la fábrica (1-11). Presentan necrosis marcada en los márgenes y en el extremo anterior de la hoja, con numerosas manchas cloróticas.

## DISCUSION

Algunas plantas tienen la característica de acumular el cromo, como en los casos de *Pimela suteri*, en la que se han registrado hasta 26,500 ppm, y en *Leptosperrum scoparium* hasta 19,000 ppm, ambas creciendo en suelo de serpentina (Lyon *et al.*, 1968). En éstas y en otras especies se ha encontrado una elevada correlación entre los contenidos de cromo en la planta y en el suelo, lo que significa que es posible utilizar algunas especies vegetales como marcadores bioquímicos (Lyon *et al.*, 1968). A esta conclusión llegaron también Welch y Carry (1975) con sus determinaciones de cromo en las semillas de trigo.

Taylor *et al.* (1975) demostraron que las propiedades del suelo (textura, pH y contenido de materia orgánica) influyen sobre los efectos tóxicos provocados por el cromo a los vegetales.

En la zona de Lechería, el tipo de suelo es derivado de depósitos lacustres, con problemas de salinidad, mal drenaje, con poca materia orgánica y un pH alcalino (Flores, comunicación personal).

La absorción de cromo por los vegetales, depende del pH (Taylor *et al.*, 1974), puesto que a pH mayores de 4 lo hacen en muy pequeña cantidad (Davis, 1956).

Mortvedt y Giordano (1975) observaron que el efecto tóxico del dicromato de sodio se incrementó a medida que el pH tiende a la neutralidad.

La concentración de cromo que presenta el suelo de la zona de Lechería se considera proveniente, en gran parte de la industria de cromo. En este caso es posible que el metal ejerza un efecto tóxico menor en los vegetales debido al pH alcalino del suelo (Taylor *et al.*, 1974).



Fig. 8. Sembradío de maíz ubicado frente a la fábrica (1-111). Presentan zonas necróticas en los márgenes de las hojas con manchas cloróticas entre las venas foliares.

En cebada, contaminada con cromo en su etapa de crecimiento Aarkrog y Lippert (1971) hallaron que el 10% se depositaba en el grano, el 30 al 35% en la vaina y el restante en la paja, pero además reconocen que estos porcentajes no son extrapolables directamente al campo, puesto que allí las plantas reciben volúmenes grandes de soluciones muy diluidas comparadas con los pequeños vo-

lúmenes de soluciones muy concentradas de los experimentos. La absorción de cloruro crómico es más rápida que la de cromato de potasio, pero éste último es más tóxico para la cebada (Skeffington *et al.*, 1977).

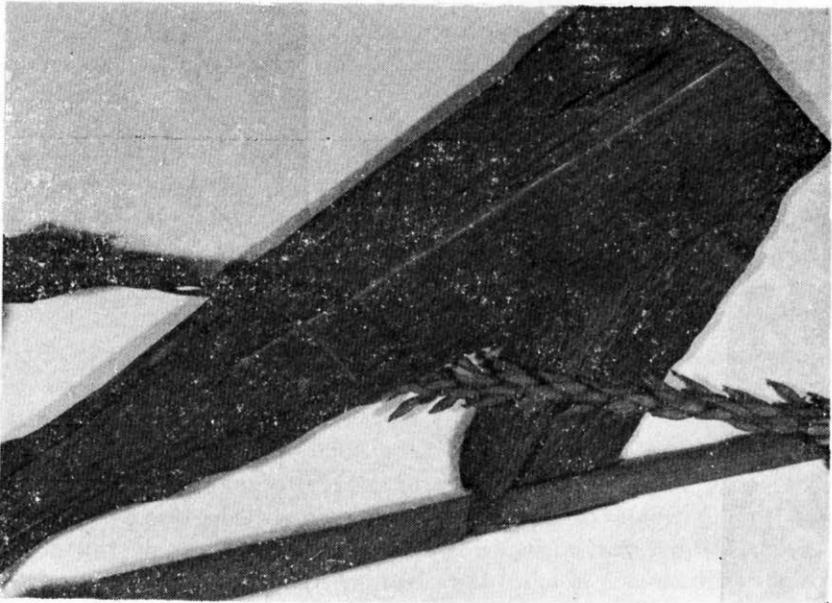


Fig. 9. *Zea mays* (maíz) planta testigo, muestreada en Xochimilco, puede observarse una coloración verde intensa con ausencia de zonas cloróticas.

Foroughi *et al.* (1976) notaron que aplicando bajas concentraciones de cromo disminuye la producción de tubérculos en la col y al aumentar la concentración se incrementa el contenido en los diversos órganos de la planta pero especialmente en la raíz. Mukherji y Roy (1977) encontraron que el dicromato de potasio disminuye la germinación y la elongación de la plántula de arroz, asimismo detectaron que disminuye el contenido de azúcares reductores y aminoácidos en los cortes de tubérculo de papa. Soane y Saunder (1959) encontraron que 9.9 ppm de cromo afecta severamente el crecimiento de maíz y avena. Stanley (1974) logró disminuir 50% del peso de la raíz de una angiosperma acuática (*Myriophyllum spicatum* L).

Cuando la contaminación por cromos es por vía terrestre, Wallace *et al.* (1976), encuentran en la raíz del frijol las mayores concentraciones y las menores en las hojas y en el tallo, debido a que solamente el 2% del metal es transportado a las porciones aéreas del vegetal (Verfaillie, 1974).

En la zona de Lechería, aunada a la contaminación terrestre, está la atmosférica como lo demuestran los niveles elevados de cromo encontrados en el agua de lluvia de la zona (Báez *et al.*, 1977), lo que trae como consecuencia que el

metal se acumule en las partes aéreas de los vegetales, ello concuerda con los altos valores registrados, tanto en las hojas, como en la inflorescencia de las plantas de maíz, y éste efecto es todavía más notorio en los vegetales colectados en las diferentes calles de la zona, lo que probablemente se debe a que los primeros son de siembra temporal mientras que los segundos han estado expuestos al cromo por un lapso mayor de tiempo.

La concentración de cromo en hojas de los vegetales colectados en la zona de Lechería, fue de 204.31 ppm, que comparada con la de 0.59 ppm en las hojas de los vegetales de la zona testigo resulta 40 veces mayor. La concentración de cromo más baja fue obtenida del grano y del tallo de las plantas de maíz, debido a que el cromo no es fácilmente translocado en el vegetal, lo que favorece que las estructuras que son consumidas por el hombre y el ganado no presenten altas concentraciones del metal. Nagai (1973) que ha investigado este aspecto del arroz, encontró concentraciones más bajas de cromo en el tallo que en el grano.

Los vegetales testigo de este trabajo fueron obtenidos de una zona urbana, en la cual se presenta un suelo de tipo Litosol, somero, rico en materia orgánica y nutrientes, con un pH de 7.0, sin problemas de contaminación por cromo (Flores, comunicación personal). Smith (1973) hace notar que los vegetales que se desarrollan en zonas urbanas pueden presentar concentraciones de cromo entre 1.1 y 16.3 ppm no sólo debidas al contenido de cromo en el suelo, sino, como consideran Garty *et al.* (1976), por la acción abrasiva de los motores de carros y de los instrumentos utilizados en la agricultura, aunque esta aportación es mínima, como lo indican los resultados obtenidos en vegetales de las zonas rurales, los cuales presentan concentraciones de 0.3 a 11 ppm (Smith, 1973); además pueden observarse que las concentraciones promedio de las muestras de los vegetales testigo están comprendidas entre los límites de las concentraciones presentes en los vegetales de las zonas rurales.

Al determinar la cantidad de cromo en vegetales que han crecido a 15 m de una torre de enfriamiento, en donde se utiliza cromo para evitar corrosión, Taylor *et al.* (1975), registraron hasta 342 ppm de este metal, que es del mismo orden de magnitud que las encontradas en la vegetación de Lechería. Estos autores consideran que las concentraciones que presenta la vegetación se deben a la contaminación atmosférica ya que se registraron en el aire  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de cromo a 15 m de la torre. Severson y Gough (1976) encuentran cantidades elevadas de cromo y otros elementos en los tejidos de plantas en una área de tres kilómetros alrededor de una fábrica de fosfatos.

En cuanto a los daños producidos por el cromo Taylor *et al.* (1974) describen diferentes grados de clorosis, inhibición del crecimiento, interferencia con la absorción y translocación de elementos esenciales, así como la muerte del vegetal. Este tipo de efectos han sido observados en vegetales sensibles al cromo como *Nicotiana tabacum* (Parr *et al.*, 1976).

Desde el punto de vista agrícola, Gilbert (1973) considera al cromo como un elemento dañino, sin embargo las condiciones bajo las cuales se encuentran los vegetales muestreados en la zona de Lechería, no fueron atribuidos solamente al

chromo, debido a que están expuestos a innumerables contaminantes provenientes de las industrias establecidas en la zona (tabla III), esta tabla fue tomada del inventario industrial de una monografía publicada por el Gobierno del Estado de México (1973), al que se agregaron los nombres de algunas industrias como "Cromatos de México", "Resisto! de México" y "Hooker de México". La omisión de Cromatos de México, de gran importancia para nuestra investigación, ya fue señalada por Villalobos-Pietrini (1977).

TABLA III. INDUSTRIAS QUE OPERAN EN EL MUNICIPIO DE TULTITLAN ESTADO DE MEXICO

<i>Nombre</i>	<i>Localidad</i>	<i>Producción</i>
Hidromex, S. A. de C. V.	Naucalpan Ecatepec Km. 16	Carrocerías y equipos hidráulicos.
Conjunto Manufacturero, S. A. de C. V.	Carretera Circunvalación Lechería Km. 16.5	Compresoras y equipo de perforación.
Lingo Bronce	Carretera Circunvalación Lechería Km. 16.5	Compra, venta y manufactura de lingotes y similares.
Cesco, S. A.	Carretera Circunvalación Lechería Km. 16	Servicio de limpieza química industrial.
Productos Especiales Metálicos	Km. 16.5 carretera a Cuautitlán	Fábrica de partes automotrices y refrigeración.
Wallace & Tiernan de México, S. A.	Carretera Circunvalación Ecatepec Km. 23.5	Equipo para tratamiento de agua.
Cal de Apasco, S. A.	Apasco, Carretera México-Querétaro Km. 80	Cal agrícola, Cal quím. Cal hidratada Cal viva.
Bufalo Forge, S. A.	Km. 33 Autopista México-Querétaro, Cuautitlán	Fabricación de ventiladores y calefacción industrial.
Maquinadora de Pastillas Metálicas, S. A.	Carretera a Cuautitlán Km. 13 Lechería	Fábrica de pastillas metálicas.
La Cazadora	Carretera México-Cuautitlán Km. 13.5	Fábrica de tubos de aluminio para dentífricos.
Good Year Oxo, S. A.	Carretera vieja a Lechería Cuautitlán	Fábrica de llantas.
Mangueras Mexicanas, S. A.	Carretera vieja a Lechería Cuautitlán	Fábrica de Mangueras Industriales.
CO <sub>2</sub> de México, S. A.	Carretera México-Cuautitlán Km. 31.5	Fábrica de gases comprimidos y hielo seco.
Unión Carbide de México, S. A.	Autopista México-Querétaro, Km. 32	Pilas secas para lámpara portátil linternas portátiles.
Bacardí, Cía., S. A.	Autopista México-Querétaro No. 4431, Tultitlán	Bebidas alcohólicas
Cementos Apasco, S. A.	Apasco México Carretera México-Querétaro Km. 80	Cemento portland gris.
Argus Química Mexicana	Calzada de Guadalupe No. 8 Cuautitlán	Estabilizantes para plásticos.
Química Hooker, S. A. (Poliois, S. A.)	Carretera Circunvalación Km. 18.5	Acidos fosfóricos, carbón activado, fosfato de sodio, fosfatizantes para metales.

Nombre	Localidad	Producción
Industrias Resistol, S. A.	Camino Lago de Guadalupe No. 59 Km. 32.5 México-Querétaro	Adhesivos industriales, pinturas vinílicas y recubrimientos asfálticos.
Tecnocreto, S. A. de C. V.	Avenida Circunvalación, Melchor Ocampo No. 7	Concretos, estabilizadores endurecedores, impermeabilizantes, recubrimientos para finicos, recubrimientos térmicos, agregado ligero para construcción mezclas secas de cemento envasados.
Química Lucava	Camino Atepalcapa No. 21 Cuautitlán, Edo. de México	Detergentes, aerosoles, insecticidas domésticos y microbicidas.
Nueva Fábrica Nacional de Vidrio	Km. 16 Carretera San Cristóbal Ecatepec	Vidrio, botellas.
Purina, S. A. de C. V.	Km. 18.5 Carretera Tlalnepantla-Cuautitlán	Fábrica de alimentos balanceados para animales.
Rastro y Frigorífico de Aves de Cuautitlán, S. A. de C. V.	Calzada de Guadalupe No. 258.	Aves, beneficio, proceso y abasto. Harina de carne, harinas de sangre, pluma y carne.

Anderson *et al.* (1973) observaron zonas cloróticas o incoloras en plantas de avena en las zonas de rocas ultrabásicas (con alto contenido de cromo). La clorosis o amarillamiento de las hojas, por el aumento en el contenido de cromo, se ha descrito también en avena (Hewitt, 1953; Soane y Saunder, 1959), remolacha, jitomate y papa (Hewitt, 1953), mostaza (Dekock, 1956), alfalfa y tabaco (Soane y Saunder, 1959) y cítricos (Van Der Mervé y Anderson, 1969).

En las plantas de maíz sembradas en áreas adyacente a la industria, se pueden observar manchas blanquecinas (zonas cloróticas) en las hojas y necrosis en los bordes; en otras plantas se observan manchas negras y en algunas, bordes necrosados (Fig. 4A).

Mediante estudios con cromo radiactivo, se demostró que este metal se distribuye en todos los componentes de la pared celular de la raíz del arroz (Myttenaere y Mousny, 1974).

El hecho de que se encuentre cromo en todas las fracciones protoplasmáticas implica que el enlace de cromo-proteína, no es específico (Mertz, 1967). Se ha demostrado que también produce alteraciones a nivel cromosómico en forma de puentes anafásicos y rompimientos en los cromosomas de las raíces de los chícharos (Von Rosen, 1954) y de las habas (Gómez Arroyo y Villalobos-Pietrini, datos no publicados).

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración en la parte analítica de la Química Eréndira Gómez Barreto.

## LITERATURA

- AARKROG, A. y LIPPERT, J. (1971). Direct contamination of barley with  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{59}\text{Fe}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{203}\text{Hg}$  and  $^{210}\text{Pb}$ . *Radiat. Bot.* 11, 463-472.
- ANDERSON, A. J., MEYER, D. R. y MAYER, F. K. (1973). Heavy metal toxicities: levels of nickel, cobalt, and chromium in the soil and plants associated with visual symptoms and variation in growth of an oat crop. *Austr. J. Agri. Res.* 24, 557-571.
- BÁEZ, A. P., GONZÁLEZ, O. G., BELMONT, R. D. y SOLORIO, F. P. (1977). Datos preliminares sobre la determinación de metales pesados en precipitación pluvial. Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM. En prensa.
- BROWNING, E. C. (1969). *Toxicity of industrial metals*. Appleton Century-Crofts. Londres, pp. 119-130.
- DAVIS, G. K. (1956). Chromium in soils and animals. In *Chromium, chemistry of chromium and its compounds*. (M. J. Udy, ed.) Reinhold, Nueva York, pp. 105-109.
- DE KOCK, P. C. (1956). Heavy metal toxicity and iron chlorosis. *Ann. Bot.* 20, 133-141.
- FLORES, R. D. (1977). Comunicación personal. Depto. de Edafología Instituto de Geología, UNAM.
- FOROUGH, M., HOFFNAM, G., TEICHER, K. y VENTER, F. (1976). Die wirkung steigender Gaben von Blei, Cadmium, Chromium, Nickel oder Zinc uf Kohlrabi (*Brassica oleracea* L. var. gongyloides LAM) in Nahrlosung. *Gartenbauwissenschaft* 41, 241-247.
- GARTY, J., GALUM, M., FUCHS, C. y ZISAPEL, N. (1976). Heavy metals in the lichen *Coloplaca aurantea* from urban, suburban and rural regions in Israel. *Water Air Soil Pollut.* 8, 171-188.
- GILBERT, F. A. (1969). *Toxicity of industrial metals*. Appleton Century-Crofts. Nueva York, Op. 119-120.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO. (1973). Tultitlán (monografía). México.
- HANNA, W. J. y GRANT, C. L. (1962). Spectrochemical analysis of the foliage of certain trees and ornamental for 23 elements. *Bul. torrey Bot. Club* 89, 293-302.
- HEWITT, E. J. (1953). Metal interrelationships in plant nutrition I. Effects of some metal toxicities on sugar beet, tomato, oat, potato and marrowstem kale grown in sand culture. *J. Exp. Bot.* 4, 59-64.
- LYON, G. L., BROOKS, R. R., PETERSON, P. J. y BUTLER, G. W. (1968). Trace elements in a New Zealand serpentine flora. *Plant Soil* 29, 225-240.
- MERTZ, W. (1967). Biological role of chromium in trace elements in nutrition. 50th Ann. Meet. Fed. Ann. Sec. Exp. Biol. Atlantic City 1966, 26, 186-193.
- MORTVEDT, J. J. y GIORDANO, P. M. (1975). Response of corn to zinc and chromium in municipal wastes applied to soil. *J. Environ. Qual.* 4, 170-174.
- MUKHERJI, S. y ROY, B. K. (1977). Toxic effects of chromium on germinatin seedlings and potato tuber slices. *Biochem Physiol. Pflanz.* 171, 235-238.
- MYTTEAERE, C. y MOUSNY, J. M. (1974). The distribution of chromium-51 in lowland rice in relation to the chemical form and to the amount of stable chromium in the nutrient solution.
- NAGAI, M. (1973). Growth inhibition of crops by heavy metal elements II. Aquatic rice plants. *Hiken Kaiho* 26, 30-54.
- PARR, P. D., TAYLOR, F. G. JR. y BEAUCHAMP, J. J. (1976). Sensitivity of tobacco to chromium from mechanical draft cooling tower drift. *Atmosph. Environ.* 10, 421-423.
- PEKAREK, R. S., HAWER, E. C., WANNEMACHER, R. y BEISEL, W. I. (1974). The direct determination of serum chromium by an atomic absorption spectrophotometer with a heated graphite atomizer.

- ROBINSON, W. O. (1914). Widespread occurrence of Cr in agricultural soils. U.S. Dept. Agricult. Bull. No. 122.
- SAINT-RAT, L. DE (1948). The presence of chromium in the vegetables. Compt. Rend. Acad. Sci. Paris, 227, 150-152.
- SEVERSON, R. C. Y GOUGH, L. P. (1976). Concentration and distribution of elements in plants and soils near phosphate processing factories, Pocatello, Idaho. J. Environ. Qual. 5, 476-482.
- SIEGEL, S. M. (1977). The cytotoxic response of *Nicotiana* protoplasts to metal ions: a survey of the chemical elements. Water Air, Soils Pollut. 8, 293-304.
- SKEFFINGTON, R. A., SHEWRY, P. R. Y PETERSON, P. J. (1976). Chromium uptake and transport in barley seedlings (*Hordeum vulgare* L.) Planta (Berl.) 132, 209-214.
- SMITH, W. H. (1973). Metal contamination of urban woody plants Environ. Sci. Technol. 7, 631-636.
- SOANE, B. D. Y SAUNDER, D. H. (1959). Nickel and chromium toxicity of serpentine soils in southern Rhodesia. Soil. Sci. 88, 322-330.
- STANLEY, R. A. (1974). Toxicity of heavy metals and salts to eurasian watermilfoil *Myriophyllum spicatum* L.) Arch. Environ. Contam. Toxicol 2, 331-341.
- TARBOX, M. J. Y OUTRAM, D. R. (1975). Micronutrients trace elements or toxic metals in soil and sludges, Pub. Health Engin. 16, 105-114.
- TAYLOR, F., PARR, R. Y DAHLMAN, R. (1975). Distribution of chromium in vegetation and small mammals adjacent to cooling towers Nuclear Sci. Abstr. 32, 331.
- TAYLOR, F. G. JR., MANN, L. K., DAHLMAN, R. C. Y MILLER, F. L. (1974). Environmental effects of chromium and zinc in cooling waterdrift. ERDA CONF-740302, 408-426.
- VAN DER MERVÉ, A. J. Y ANDERSON, F. G. (1969). In toxicity of industrial metals. Appleton Century Crofts. Nueva York. pp. 114-130.
- VERFAILLIE, G. R. (1974). Kinetics of chromium absorption by intact rice plants. IAEA. Viena, pp. 315-331.
- VILLALOBOS-PIETRINI, R. (1977). Efectos biológicos del cromo. An. Inst. Biol. Univ. Nat. Auton. Ser. Biol. Exp. En prensa.
- VON ROSEN, G. (1954). Breaking of chromosomes by the action of elements of the periodical system and by some other principles Hereditas 42, 258-263.
- VOROB'EV, U. Y. Y GUDOSHNIKOV, V. V. (1967). Resultados de las exploraciones biogeoquímicas en la pendiente Este de los Urales del Sur. Sov. Geol. 10, 107-112. Chem. Abstr. 67, 10763.
- WALLACE, A., SOUFI, S. M., COA, J. W. Y ROMMEY, E. M. (1976). Some effects of chromium toxicity on bush bean plants in soil. Plant Soil 44, 471-473.
- WELCH, R. M. Y CARY, E. E. (1975). Concentration of chromium, nickel and vanadium in plant materials. J. Agric. Food Chem. 23, 479-482.