

DETERMINACION DE CROMO EN DOS POBLACIONES HUMANAS NO OCUPACIONALMENTE EXPUESTAS

ARMANDO BÁEZ PEDRAJO, IRMA ROSAS PÉREZ,
RAÚL BELMONT DÁVILA, OFELIA GONZÁLEZ
GUZMÁN Y ERENDIRA GÓMEZ BARRETO

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, Cir-
cuito Exterior Ciudad Universitaria, México 20,
D. F.

RESUMEN

La población de Lechería (Estado de México, México), ha estado expuesta desde 1958, a la contaminación por cromo proveniente de la empresa "Cromatos de México, S. A.". Ante tal situación, se ha realizado un estudio para determinar los niveles de cromo en el pelo y en la orina de los habitantes de la zona mencionada. Los resultados obtenidos fueron comparados con los de una zona testigo, encontrándose que las concentraciones más altas correspondieron siempre a la zona de Lechería.

Tomando como base la concentración de cromo promedio normal en pelo y orina para una población no expuesta en los Estados Unidos de América, se encontró que un 70 a 90% de la población de Lechería está por encima de este valor. El análisis estadístico (prueba no paramétrica de Wilcoxon) permitió concluir que existen diferencias significativas entre las poblaciones: la expuesta y testigo. Esto indica que efectivamente la población de Lechería ha sido afectada por la contaminación por cromo residual.

ABSTRACT

"Cromatos de Mexico, S. A." a chromite-ore processing plant has been in operation without any pollution control systems since 1958, as a result, the inhabitants of Lecheria town, Mexico State, where the factory is located, have been exposed to Cr^{+3} and Cr^{+6} residues which have been polluted the air, water and soil of the above mentioned region.

Due to this situation the authors have undertaken a research project to determine the chromium levels in hair as well as in urine from people living in the contaminated area.

The results were compared with those determined from people living in a zone considered as chromium free (control site).

The highest chromium concentrations were measured in sample taken from the Lecheria town residents.

If the average chromium concentrations in hair and urine considered as normal for a non exposed population in U.S.A. is taken into account, then 70% to 90% of the Lecheria inhabitants are above this value.

After applying to data an statistical analysis (Wilcoxon parametric test) a significant differences were found between both populations: the exposed and the control one. This means that the chromium residues from the factory have affected in one way or another the people living in Lecheria town.

INTRODUCCION

En el municipio de Tultitlán, Edo. de México, existe la planta refinadora de cromita, "Cromatos de México, S. A.", que desde 1958 ha venido operando sin los sistemas de control necesarios para prevenir la contaminación del aire, suelo y agua, lo que ha afectado la salud de la población circunvecina.

La fábrica, para deshacerse de sus desechos sólidos que aún contenían residuos de cromo soluble, "pavimentó" con dicho material las calles de la zona aledaña. Lo que provocó la contaminación del área a tal grado, que en muestras de agua de los pozos profundos se detectaron niveles significativos de cromo debido a los procesos de infiltración. Asimismo, se observaron percolaciones de dichos compuestos en excavaciones profundas.

La principal fuente de cromo residual en el ambiente es la de origen industrial (Browning, 1969). Estos desechos son emitidos a la atmósfera en forma de partículas o de vapor y generalmente penetran al organismo por medio de las vías respiratorias (Royle, 1975).

El hombre está expuesto a dicho metal ocupacional o incidentalmente (Browning, 1969). El grado de exposición al contaminante se determina evaluando los niveles de cromo en la orina, sangre y pelo. (Imbus *et al.*, 1963).

Concentraciones normales

El cromo se considera como un oligoelemento esencial que juega un papel importante en los procesos metabólicos de los organismos, por lo que siempre está presente en ellos (Stokinger 1963 y Lockwood, 1976).

Las variaciones de los niveles de cromo que normalmente se presentan en el hombre, son causadas por factores como tipo de alimentación, metabolismo y patrones de absorción y excreción (Imbus *et al.*, 1963). Se han realizado diversas investigaciones para establecer la distribución del metal en los tejidos del cuerpo humano, ya que de ello depende la selección de los sensores que en este caso son sangre, pelo y orina. Berlin *et al.* (1977), consideran que el mejor sensor para la cuantificación de cromo es la orina.

En estudios realizados en Estados Unidos de América (EUA) en diferentes poblaciones no expuestas a cromo se ha observado que en la orina de habitantes de Cincinnati la concentración de cromo promedio fue de 3.77 ng/ml, mientras que en otras ciudades se han encontrado reportado concentraciones promedio de 4.22 ng/ml (Imbus *et al.*, 1963) y de 5.23 ng/ml (Davidson y Secrest, 1972).

El pelo tiene la capacidad de almacenar tantos metales pesados esenciales como no esenciales, por lo que el valor del metal contenido en el pelo puede indicar cambios dietéticos, enfermedades o bien mostrar los niveles de contaminación a los que está expuesto el organismo (Flynn *et al.*, 1975). Los estudios realizados con el pelo de niños ha mostrado concentraciones promedio de 0.85 µg/g (Hambridge *et al.*, 1969).

Con respecto a las investigaciones realizadas en sangre se presentan estimaciones de 2.65 $\mu\text{g}/100\text{g}$ (Imbus *et al.*, 1963), 2.3 $\mu\text{g}/100\text{g}$ (Paixao y Yoe, 1959) y 3 $\mu\text{g}/100\text{g}$ (Davidson y Secrest, 1972). Las variaciones dependen de la edad del individuo, de su alimentación y del país en que residen.

Por lo mencionado anteriormente se decidió hacer una cuantificación de cromo en el pelo y la orina de la población de Lechería, Edo. de México, con el propósito de comprobar si efectivamente están siendo expuestos a este contaminante.

Toxicología

Los cromatos y los dicromatos a bajas concentraciones son tóxicos, pueden causar graves daños, debido a que precipitan a las proteínas y tienen acción irritante (Hunter y Roberts, 1963). Se ha demostrado que el Cr^{+3} y el Cr^{+6} presentan dos mecanismos de acción. Al presentarse en altas concentraciones (2%) en un medio con un pH menor a 5.4 pueden producir desnaturalización de proteínas (Clark, 1963) o bien pueden precipitar ácidos nucleicos (Baetjer, 1963).

Se considera que el cromo es uno de los metales que intervienen en el metabolismo de los ácidos grasos (Curran, 1969). Asimismo, Mertz *et al.*, (1961), han probado que el Cr^{+3} juega un papel importante en la acción de la insulina.

Las investigaciones epidemiológicas realizadas con trabajadores que refinan cromitan han demostrado que se presenta una alta incidencia de cáncer de pulmón (Machle y Gregorius, 1948, Brinton *et al.*, 1957, Maltoni, 1976), 29 veces mayor que en la de los trabajadores de tipo de industria (Stokinger, 1963). Entre los efectos tóxicos provocados por el ácido crómico, los cromatos y los dicromatos pueden mencionarse: necrosis de la zona central del hígado (Gopal *et al.*, 1963), ulceración de la piel, perforación de los septos nasales, inflamación y ulceración de la laringe, dermatitis, alteraciones respiratorias y cáncer en el sistema respiratorio (Enterline, 1974).

Se han reportado lesiones en riñón en población no expuestas ocupacionalmente, debido a la ingestión o aplicación externa de compuestos de cromo (Browning, 1969).

Experimentalmente se ha confirmado que los compuestos de cromo son carcinogénicos potenciales (Hueper y Payne, 1959, Baetjer *et al.*, 1956, Roe y Carter, 1969).

Exposiciones permisibles

El límite permisible para la exposición al ácido crómico, a los cromatos y al óxido crómico en aire, es de 0.1 mg/m^3 para las sales cromo y para el cromo soluble es de 0.5 mg/m^3 (Enterline, 1974). El límite establecido para el agua potable es de 0.05 mg/l (Cr^{+6}) (Berlin *et al.*, 1977).

MATERIAL Y METODO

Muestreo.—Las muestras, tanto de la zona contaminada como las de la zona testigo se obtuvieron de la siguiente manera: la orina se colectó en envases de

vidrio de 150 ml de capacidad previamente lavados y enjuagados con una solución de ácido nítrico al 5%, seguida de agua desionizada. Una vez tomadas las muestras, se sellaron y se etiquetaron los frascos que fueron enviados al laboratorio para su análisis.

Las muestras de pelo se colectaron directamente de personas seleccionadas al azar, procedentes de ambas zonas, en bolsas de polietileno que fueron selladas y etiquetadas anotándose el nombre, sexo, edad y lugar de residencia. Posteriormente se enviaron al laboratorio para su análisis.

Preparación de las muestras

Para preservar las muestras de orina, se acidificaron con 2 ml de HNO_3 ultrapuro, se tomaron alícuotas de 25 ml, se evaporaron a sequedad añadiéndose nuevamente 2 ml de HNO_3 . Las alícuotas se calentaron hasta obtener el desprendimiento de vapores nitrosos, calcinándose posteriormente en una mufla a 200°C durante una noche. Una vez calcinadas las muestras, se trataron con 5 ml de HNO_3 al 5%, filtrándose en papel libre de metales pesados. Los vasos que contenían las cenizas se lavaron dos veces con agua desionizada, filtrándose el líquido resultante. Por último, se aforaron las muestras a 25 ml y se preparó una serie de blancos que fueron tratados en la misma forma que las muestras (Perkin-Elmer, 1973). Asimismo, se preparó una serie de estándares para la calibración del instrumento. Las muestras de pelo se lavaron y se enjuagaron con HNO_3 al 5% y con agua desionizada, se secaron durante 4 horas al 100°C . De esta manera se pesaron 2 gramos exactos procediéndose de acuerdo con la técnica descrita en el manual Perkin-Elmer (1973).

Determinación de cromo en las muestras

El contenido de cromo en las muestras se determinó por el método de absorción atómica sin flama (Schramel, 1973), empleándose para ello el instrumento Perkin-Elmer 460, equipado con el aditamento del horno de grafito modelo 21000, que permite el manejo de muestras pequeñas y que además posee una sensibilidad muy alta. (Pekarek *et al.*, 1974, Feldman y Prudy, 1963).

Procesamiento de los resultados

Se agruparon los resultados en intervalos de clase y se determinaron las concentraciones máxima, mínima y promedio.

Se hicieron gráficas de la cantidad de personas que presentaron determinada concentración.

Se elaboró un programa de computación para la aplicación de la prueba estadística de "suma de rangos de distribuciones libres de Wilcoxon" (Hollander and Wolfe, 1973), para la aceptación o el rechazo de la hipótesis nula H_0 siguiente: no existe diferencial significativa entre los valores de cromo de la población testigo y la de Lechería. Se consideró que:

Ho es rechazada si $Z_c < W$

Ho es aceptada si $Z_c > W$

donde:

W = resultado de la prueba estadística

Z_c = comportamiento normal de la variable en la población

Fue posible aplicar este criterio dado que se manejó una muestra grande.

RESULTADOS

Los resultados de las determinaciones de cromo en el pelo y la orina, de las dos poblaciones en estudio están contenidas en las Tablas I a VII, asimismo se obtuvo gráficamente la distribución de las poblaciones de acuerdo con los niveles de cromo que presentaban (Figs. 2-6).

TABLA I. DETERMINACIONES DE CROMO EN EL PELO DE DOS POBLACIONES HUMANAS CON EDADES ENTRE 1 Y 14 AÑOS

Población del Sur			Población de Lechería		
Concentraciones (ppm)	Cantidad de Personas	Frecuencia (%)	Concentraciones (ppm)	Cantidad de Personas	Frecuencia (%)
0.1 — 0.3	4	13.3	1.0 — 3.0	18	32.7
0.3 — 0.5	5	16.6	3.0 — 5.0	11	20.0
0.5 — 0.7	6	20.0	5.0 — 7.0	12	21.8
0.7 — 0.9	3	10.0	7.0 — 9.0	8	14.5
0.9 — 1.1	6	20.0	9.0 — 11.0	1	1.8
1.1 — 1.3	2	6.6	11.0 — 13.0	5	9.1
1.3 — 1.5	4	13.3			
Total	30		Total	55	
Concentración mínima		0.21	Concentración mínima		1.61
Concentración máxima		1.44	Concentración máxima		12.75
Concentración promedio		0.87	Concentración promedio		5.07

TABLA II. DETERMINACIONES DE CROMO EN EL PELO DE DOS POBLACIONES HUMANAS CON EDADES ENTRE 16 Y 50 AÑOS

Población del Sur			Población de Lechería		
Concentraciones (ppm)	Cantidad de Personas	Frecuencia (%)	Concentraciones (ppm)	Cantidad de Personas	Frecuencia (%)
0.1 — 0.3	14	26.4	1.0 — 3.0	10	28.6
0.3 — 0.5	17	32.1	3.0 — 5.0	7	20.0
0.5 — 0.7	8	15.1	5.0 — 7.0	6	17.1
0.7 — 0.9	5	9.4	7.0 — 9.0	4	11.4
0.9 — 1.1	4	7.5	9.0 — 11.0	4	11.4
1.1 — 1.3	2	3.7	11.0 — 13.0	1	2.8
1.3 — 1.5	3	5.6	13.0 — 15.0	3	8.6
Total	53		Total	35	
Concentración mínima		0.15	Concentración mínima		1.08
Concentración máxima		1.44	Concentración máxima		15.0
Concentración promedio		0.62	Concentración promedio		4.9

TABLA III. CONCENTRACIONES DE CROMO EN LA ORINA DE DOS POBLACIONES HUMANAS CON EDADES 1 Y 14 AÑOS

Población del Sur			Población de Lechería		
Concentraciones (ng/ml)	Cantidad de Personas	Frecuencia (%)	Concentraciones (ng/ml)	Cantidad de Personas	Frecuencia (%)
1.0 — 3.0	5	13.8	2.0 — 8.0	16	21.1
3.0 — 5.0	7	19.4	8.0 — 14.0	11	14.5
5.0 — 7.0	7	19.4	14.0 — 20.0	14	18.4
7.0 — 9.0	5	13.8	20.0 — 26.0	9	11.8
9.0 — 11.0	5	13.8	26.0 — 32.0	8	10.6
11.0 — 13.0	4	11.1	32.0 — 38.0	2	2.6
13.0 — 15.0	3	8.3	38.0 — 44.0	12	15.5
Total	36		44.0 — 50.0	4	5.7
Concentración mínima		1.8	Total	76	
Concentración máxima		15.0	Concentración mínima		2.7
Concentración promedio		7.3	Concentración máxima		49.9
			Concentración promedio		21.9

TABLA IV. DETERMINACIONES DE CROMO EN LA ORINA DE DOS POBLACIONES HUMANAS CON EDADES ENTRE 16 Y 50 AÑOS

Población del Sur			Población de Lechería		
Concentraciones (ng/ml)	Cantidad de Personas	Frecuencia (%)	Concentraciones (ng/ml)	Cantidad de Personas	Frecuencia (%)
1.0 — 3.0	3	6.4	2.0 — 8.0	10	11.1
3.0 — 5.0	11	23.4	8.0 — 14.0	20	22.9
5.0 — 7.0	10	21.2	14.0 — 20.0	17	19.6
7.0 — 9.0	10	21.2	20.0 — 26.6	10	11.5
9.0 — 11.0	2	4.2	26.0 — 32.0	10	11.5
11.0 — 13.0	1	2.1	32.0 — 38.0	7	8.1
13.0 — 15.0	5	10.7	38.0 — 44.0	7	8.1
15.0 — 17.0	5	10.7	44.0 — 50.0	6	6.9
Total	47		Total	87	
Concentración mínima		2.0	Concentración mínima		1.7
Concentración máxima		17.0	Concentración máxima		50.0
Concentración promedio		8.5	Concentración promedio		22.9

En las tablas I a IV, puede observarse que los niveles de cromo promedio en el pelo y la orina tanto de niños como de adultos fueron siempre mayores en la población de Lechería, que en la población testigo. En la tabla V, se observa la concentración más alta, la cual fue determinada en la orina de los trabajadores de "Cromatos de México, S. A."

En las tablas VI y VII se observa que entre el 70 y el 90% de la población de Lechería y los trabajadores de "Cromatos de México, S. A.", presentan valores por encima de la concentración considerada por Estados Unidos de América (EUA) como normal para personas con buena salud (Imbus *et al.*, 1963).

TABLA V. DETERMINACION DE CROMO EN LA ORINA DE TRABAJADORES DE LA PLANTA DE CROMATOS DE MEXICO, S. A.

Concentraciones (ng/ml)	Cantidad de Personas	Frecuencia (%)
2.0 — 13.0	19	12.8
13.0 — 24.0	22	14.9
24.0 — 35.0	21	14.2
35.0 — 46.0	24	16.2
46.0 — 57.0	27	18.2
57.0 — 68.0	14	9.5
68.0 — 79.0	12	8.2
79.0 — 90.0	5	3.4
90.0 — 101.0	4	2.7
Total	143	
Concentración mínima	4.4	
Concentración máxima	93.0	
Concentración promedio	43.1	

TABLA VI. DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LAS POBLACIONES EN ESTUDIO DE ACUERDO A SU CONCENTRACION DE CROMO EN ORINA

Cromo (ng/ml)	Niños Zona Sur %	Niños Lechería %	Adultos Zona Sur %	Adultos Lechería %	Trabajadores "Cromatos de México" %
2.6 — 10.6*	83.3	26.3	76.6	21.8	10.0
> 25	0	34.2	0	36.8	51.8
11 — 25	16.7	39.5	23.4	41.4	38.8

* Concentración considerada normal individuos sanos) en E.U.A. (Davidson y Secrest, 1967).

TABLA VII. DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LAS POBLACIONES EN ESTUDIO DE ACUERDO A SU CONCENTRACION DE CROMO EN PELO

Cromo (ppm)	Niños Testigo %	Niños Lechería %	(ppm) Cromo	Adultos % Testigo	Adultos % Lechería
0.36 — 1.87*	100	7.3	0.20 — 2.8*	100	28.6
2 — 5	0	45.5	3 — 6	0	31.4
> 5	0	47.2	> 6	0	40.0

* Concentración considerada normal (niños sanos) en E.U.A. (Hambidge *et al.*, 1968).

* Concentración considerada normal (adultos) en E.U.A. (Hambidge *et al.*, 1969).

Los resultados de la prueba estadística, $W_1 = 6.59$, $W_2 = 7.01$, $W_3 = 5.47$ y $W_4 = 3.67$ (que corresponden a pelo de niños, pelo de adultos, orina de niños y orina de adultos respectivamente) comparados con una $Z_c (.99) = 2.33$, permitió rechazar la H_0 con una probabilidad de error por decisión $< .01$.

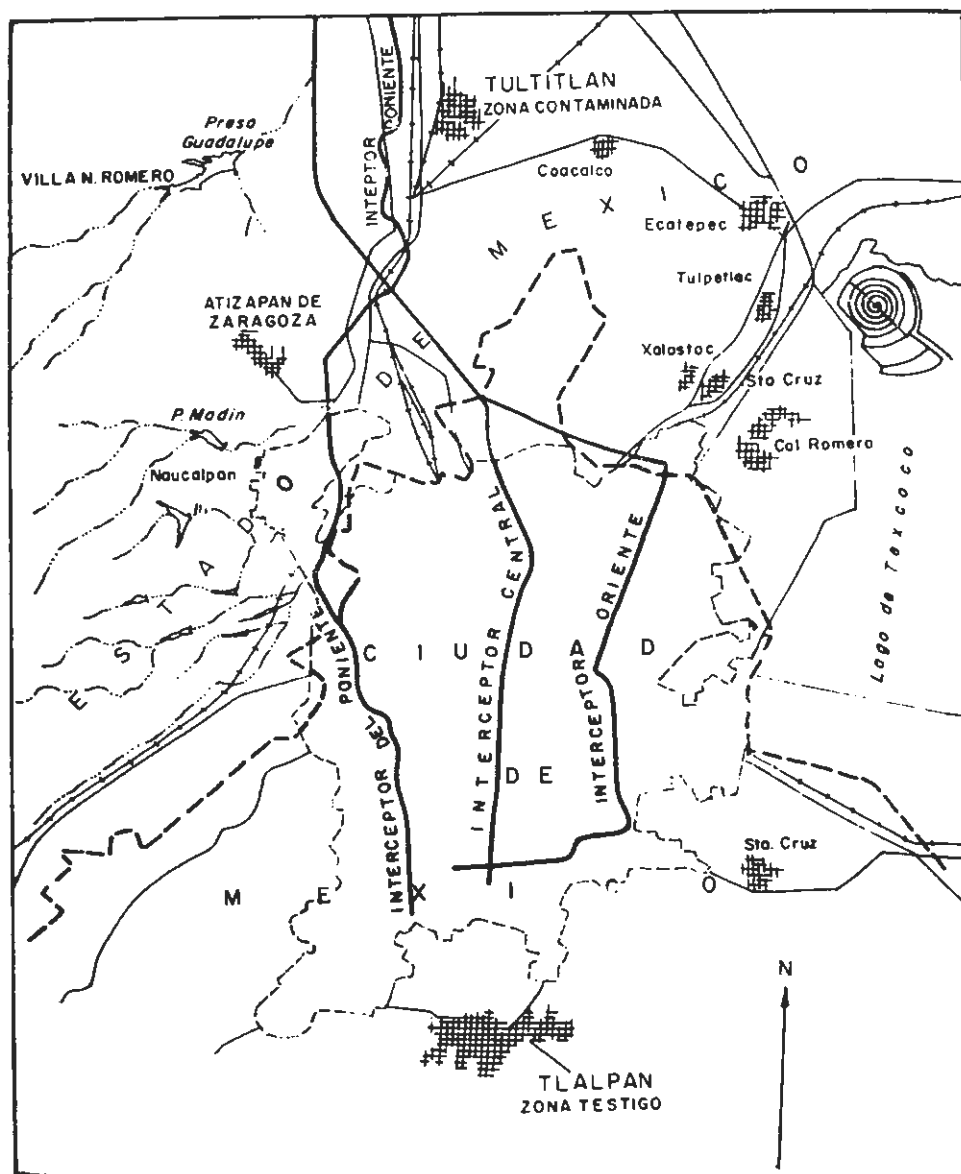


Fig. 1. Localización de la zona de estudio.

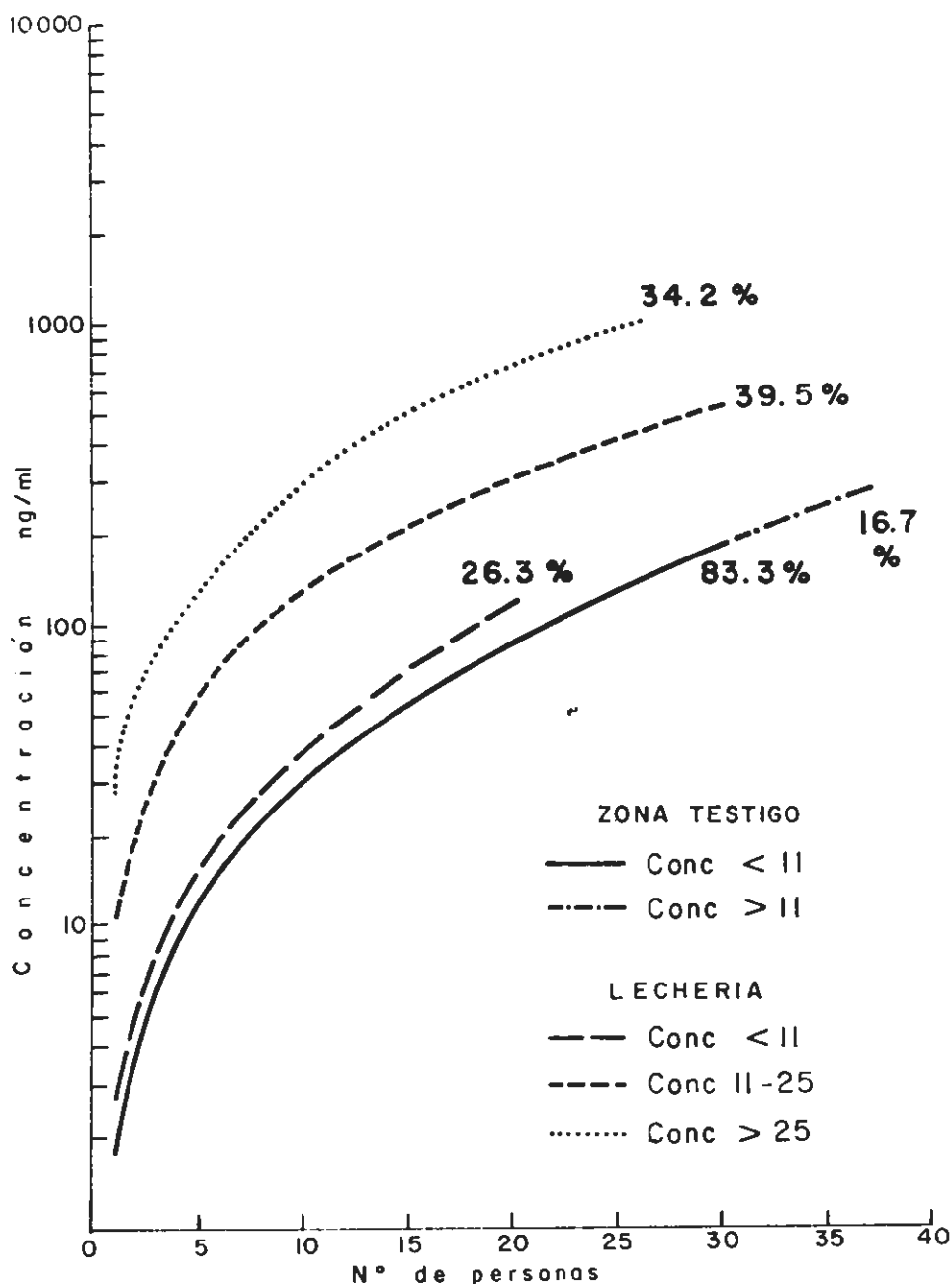


Fig. 2. Distribución de las poblaciones de niños de acuerdo a su concentración de cromo en orina.

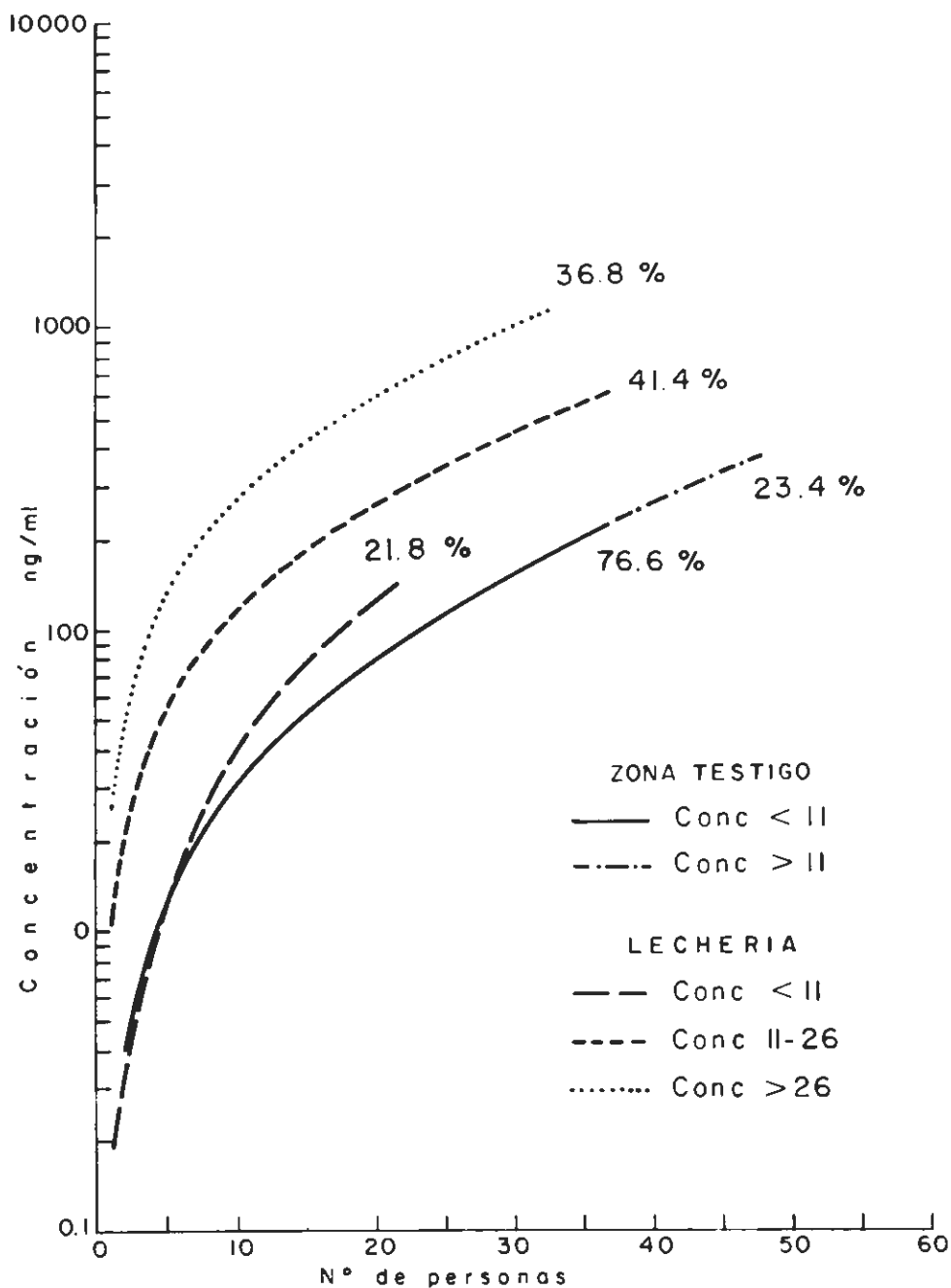
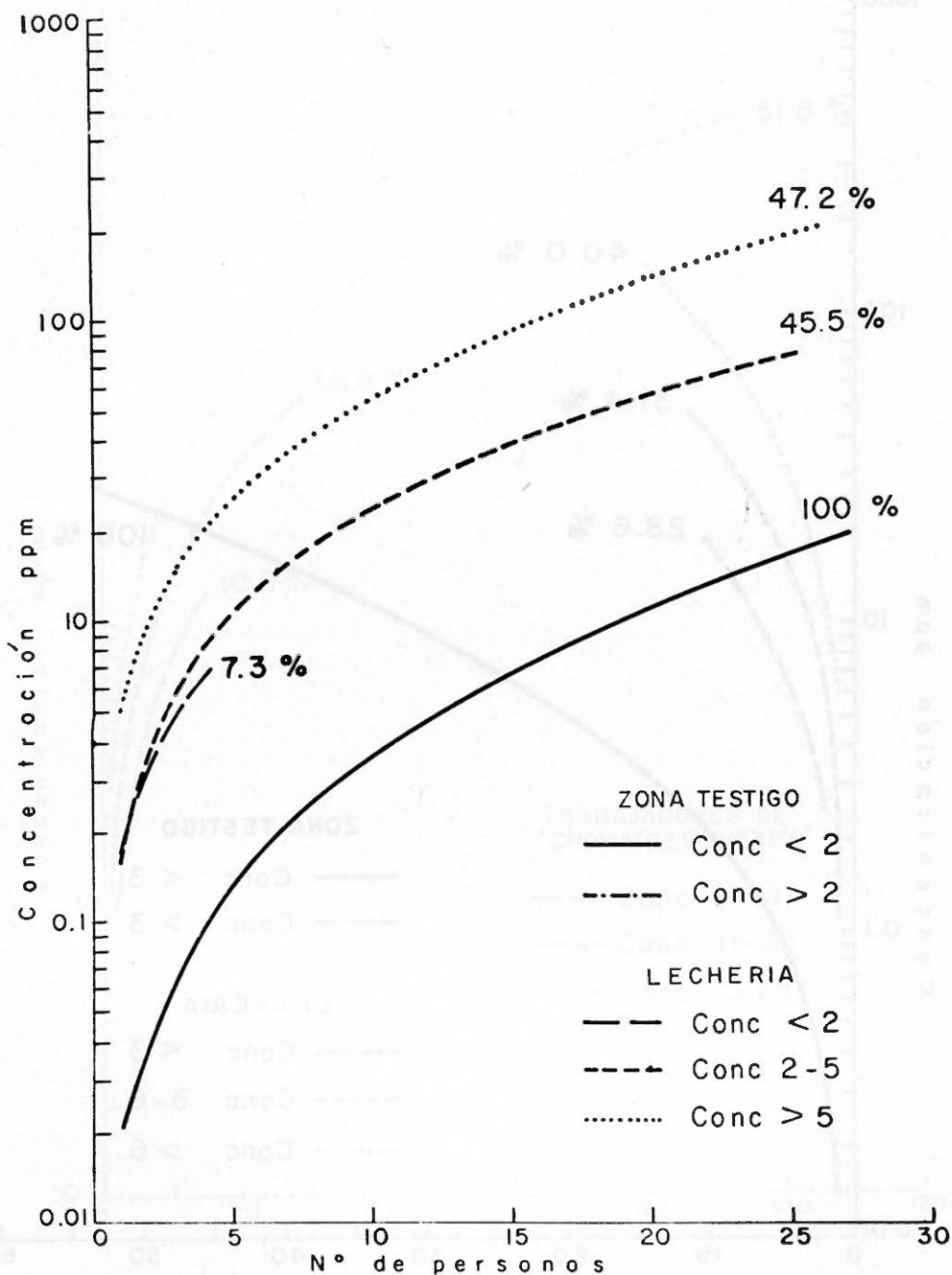


Fig. 3. Distribución de las poblaciones de adultos de acuerdo a su concentración de cromo en orina.



Fi. 4. Distribución de las poblaciones de niños de acuerdo a su concentración de cromo en el pelo.

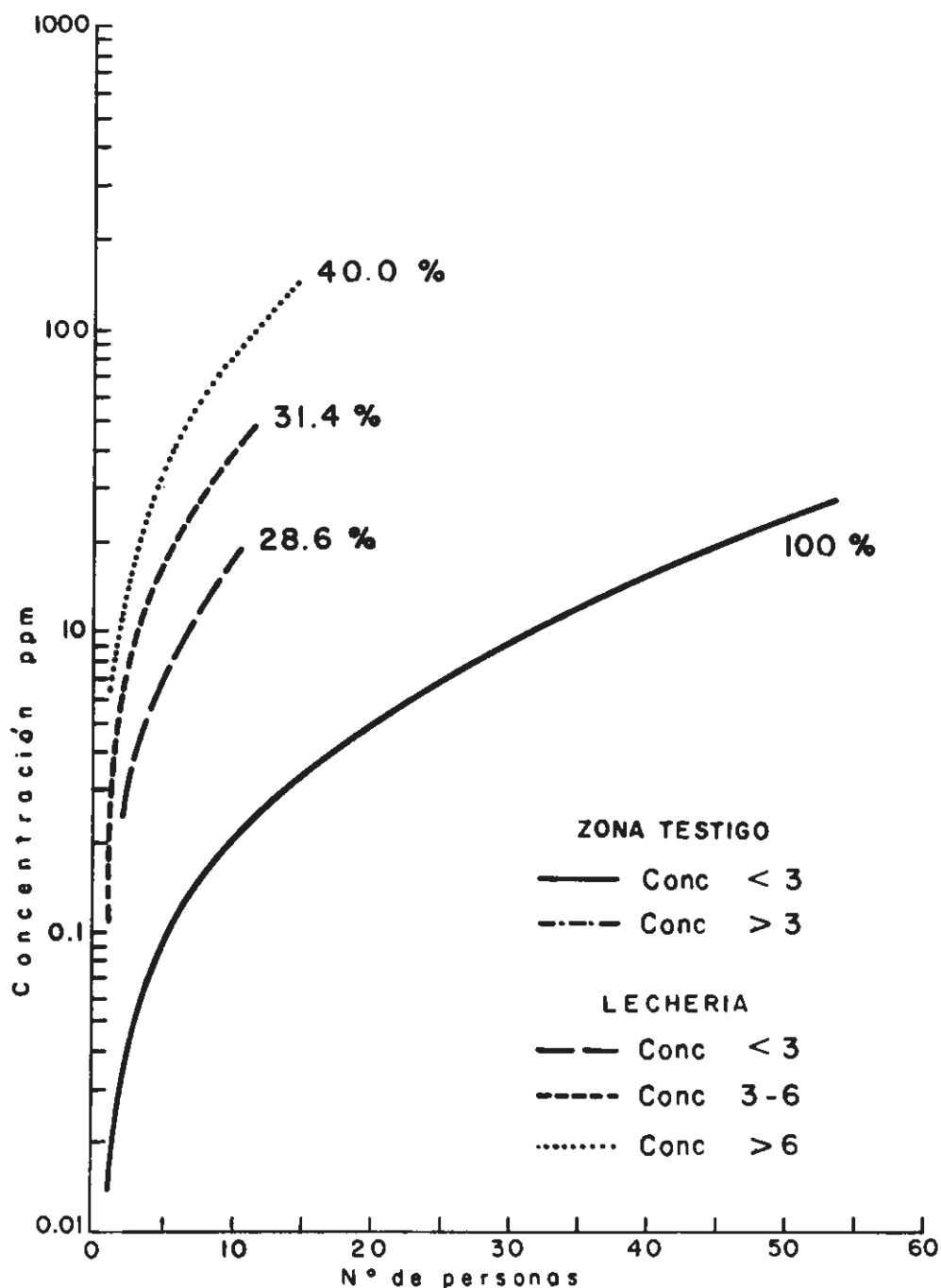


Fig. 5. Distribución de las poblaciones de adultos de acuerdo a su contaminación de cromo en el pelo.

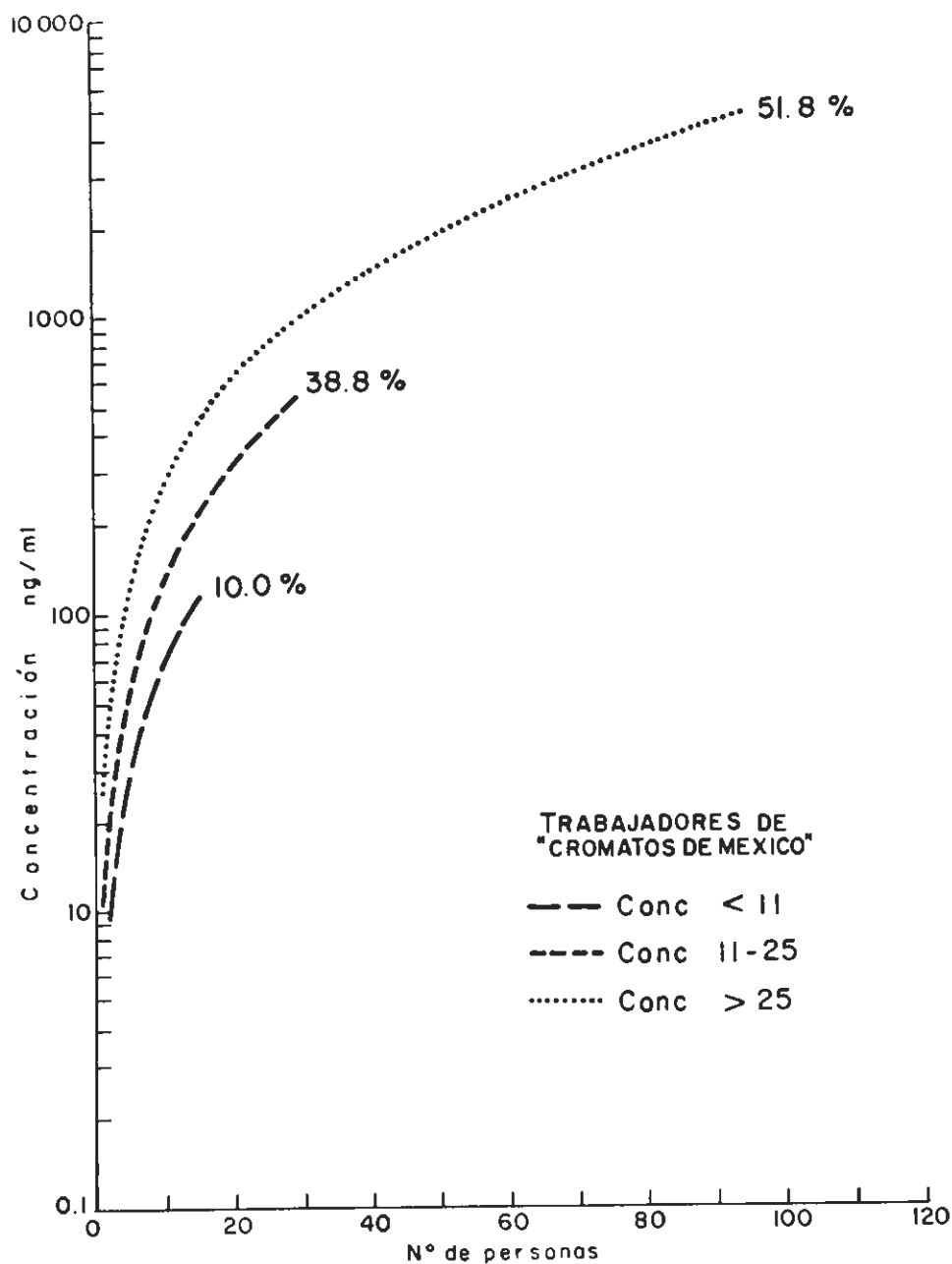


Fig. 6. Distribución de la población de trabajadores de acuerdo a su concentración de cromo en orina.

DISCUSION

El aspecto de la higiene industrial, ha sido continuamente investigado en diversos países, por los riesgos implícitos de contaminación a que están expuestos los trabajadores de cromo y sus derivados, Gafafer (1963) describe concentraciones de 44.3 ng/ml en orina de trabajadores blancos y 71.0 ng/ml para trabajadores de color, sin explicar las razones de tales diferencias.

En la revisión bibliográfica realizada, no se encontró ningún caso similar al de la zona de Lechería, en donde los habitantes están expuestos a la contaminación por cromo residual de origen industrial.

El grado de contaminación resultante de la exposición prolongada, se hace evidente al comparar las determinaciones de cromo en los habitantes de la zona antes mencionada, con las obtenidas en la zona testigo.

El factor de concentración F que presenta la población de Lechería se calculó de la siguiente manera:

$$F = \frac{\text{concentración promedio de cromo en Lechería}}{\text{concentración promedio de cromo en Testigo}}$$

Por ejemplo el factor de concentración para la orina de niños el siguiente:

$$F = \frac{21.9}{7.3} = .3$$

En igual forma se calcularon los demás factores de concentración, que a continuación se citan: pelo de niños $F = 5$, pelo adultos $F = 8$, orina de niños y de adultos $F = 3$.

Este es un factor significativo que nos indica el grado de contaminación a que está expuesta la población en la zona de Lechería.

Para precisar si existían diferencias significativas entre los valores de cromo detectados en las dos poblaciones, se aplicó una prueba estadística no paramétrica de "suma de rangos de distribuciones libres de Wilcoxon", lo que permitió rechazar la hipótesis nula de que no existía diferencia significativa entre ambas poblaciones con una probabilidad de error por decisión $< .01$.

Al comparar los valores de cromo encontrados en EUA para personas sanas, con los obtenidos en la población testigo: se observó que existía diferencia en los valores determinados en la orina, registrándose en EUA de 2.6 a 10.6 ng/ml y en la población testigo de 1.8 a 15.0 ng/ml. Esta diferencia puede deberse a enfermedades o bien al distinto tipo de nutrición.

Ninguno de éstos aspectos se contempló para seleccionar a la población testigo, sino que únicamente se consideró que no estuvieran expuestos a la contaminación por cromo residual. Como el 80% de la población testigo quedaba dentro del "rango normal" de la estudiada en EUA (se utilizaron los datos de EUA porque

no existen estudios en México), éstos valores sirvieron como referencia para considerar que la población testigo representaba realmente a una población sin alteraciones con respecto al cromo. Los datos obtenidos en el pelo de la población testigo si coincidieron con los encontrados en EUA.

Los resultados sobre los niveles de cromo en orina de los trabajadores de Cromatos, no fueron comparados con un grupo testigo, ya que para ello era necesario obtener muestras de trabajadores de empresas que no procesen o empleen sales de cromo. Los datos obtenidos del grupo de trabajadores de la planta "Cromatos de México, S. A.", sirvieron para señalar la carencia de instalaciones adecuadas de protección al trabajador.

Asimismo, se hizo una comparación entre los valores "normales" y los valores encontrados en la población de Lechería (Figs. 2-6) con el objeto de determinar el porcentaje de la población que se encuentra por encima de los niveles normales, para que en futuros estudios los resultados permitan reconocer el incremento o disminución de la cantidad de individuos afectados.

CONCLUSIONES

1. El estudio realizado revela que la población de Lechería no ocupacionalmente expuesta, está siendo sometida a contaminación por cromo residual producto de: a) las emisiones de la fábrica y b) del desafortunado procedimiento de pavimentación de las calles con los desechos sólidos de la fábrica.

2. Las pruebas estadísticas a que se sometieron los valores obtenidos en las muestras de orina y de pelo en las poblaciones de Lechería y en la testigo, confirman que hay una diferencia significativa entre los niveles de cromo en ambas poblaciones, lo que demuestra definitivamente la contaminación de la zona estudio.

3. Los estudios epidemiológicos realizados en la zona afectada, han demostrado en algunos casos de dermatitis e intoxicaciones con afecciones del aparato respiratorio son atribuibles entre otros factores, a los altos niveles de cromo presentes.

4. La zona ha sido contaminada en forma irreversible, por la contaminación general de los suelos, de las aguas subterráneas, de los muros de viviendas, etc., por lo que se recomienda establecer un sistema sensor constante de los factores ambientales, así como del pelo y de la orina de la población, tanto para determinar los mecanismos de concentración y excreción, cuanto para profundizar en los estudios toxicológicos a largo plazo, ya que se ha publicado que es necesario de 15 a 20 años para que se presenten los casos de cáncer pulmonar en trabajadores de la industria del cromo y es importante prevenir de esos efectos a los habitantes de la zona de Lechería.

AGRADECIMIENTOS

Al Físico Raúl Magaña, del Centro de Ciencias de la Atmósfera y al Físico Mario Cruz, por sus indicaciones en el tratamiento estadístico.

Al Dr. Rafael Villalobos Pietrini, del Laboratorio de Radiobiología y Mutagénesis del Instituto de Biología, por sus valiosos comentarios y estímulo para el desarrollo de la presente investigación.

Al Departamento de Pronóstico Numérico del Centro de Ciencias de la Atmósfera por la elaboración de un programa de computación para la aplicación de la prueba estadística.

LITERATURA

- BAETJER, A. M. (1963). Chromium in *industrial hygiene and toxicology* Interscience Publishers Nueva Yor/, Vol. II, pp. 1017-1022.
- (1956). Relation of chromium to health. In chromium chemistry of chromium and its compounds (M. J. UDY Ed.). Reinhold, Nueva York, Vol. I, Cap. 4, pp. 76-104.
- BERLIN, A., DI FERRANTE, E., LANGEVINE, M., RECHT, P. Y VAN DER VENNE. (1977). Studies on heavy metal exposure in Europe VII. International Congress of Preventive Medicine and Social Medicine. pp. 1-32.
- BRINTON, H. P., FRASIER, E. S. Y KOVEN, A. L. (1952). Morbidity and mortality experience among chromate workers. Pub. Health Rep. 67, 835-847.
- BROWNING, E. C. (1969). *Toxicity of industrial metals*. Appleton Century-Crofts, Nueva York, 2a. Ed. Cap. 12, pp. 119-129.
- CURRAN, G. L. (1969). Chromium in *toxicity of industrial metals*. Appleton Century-Crofts, Nueva York, 2a. Ed. Cap. 12, pp. 119-129.
- CLARK, J. H. (1963). Chromium in *industrial hygiene and toxicology*. Interscience Publisher, Nueva York, Vol. II, pp. 1017-1022.
- DAVIDSON, I. W. F. Y SECREST, W. L. (1972). Determination of chromium in biological materials by atomic absorption spectrometry using a graphite furnace atomizer. Anal. Chem. 44, 1808-1813.
- ENTERLINE, P. E. (1974). Respiratory cancer among chromate workers. J. Occupat. Med. 16, 523-526.
- FELDMAN, F. J. Y PURDY, W. C. (1965). The atomic absorption spectroscopy of chromium. Anal. Chim. 33, 273-278.
- FLYNN, A., FRANZMAN, A. W. Y ARNESON, P. D. (1975). Sequential hair shaft as an indicator of prior mineralization in the alaskan moose. J. Animal Sci. 41, 906-910.
- GAFAFER, W. M. (1963). Chromium in *industrial hygiene and toxicology*. Interscience Publishers. Nueva York, pp. 1017-1022.
- GOPAL, K., MATHUR, J. S., MEHROTRA, S. K., SHARMA, S. N. Y ALAMKHAN, M. M. (1975). Blood and urine concentration of chrome in chrome industry workers. Indian J. Med. Res. 63, 1357-1362.
- HAMBIDGE, K. M., RODGERSON, D. O. Y O'BRIEN D. (1968). Concentration of chromium in the hair of normal children and children with juvenile diabetes mellitus. Diabetes 17, 517-519.
- HAMBIDGE, K. M., RODGERSON, D. O. (1969). Comparison of hair chromium levels of multiparous and parous women. Am. J. Obstet. Gynecol. 130, 320-321.
- HOLLANDER, M. Y WOLFE, D. A. (1973). *Nonparametric statistical methods*. Wiley Nueva Yor/, pp. 503.
- HUEPER, W. C. Y PAYNE, W. W. (1959). Experimental cancers in rats produced by chromium compounds and their significance to industry and public health. Am. Ind. Hyg. J. 20, 274-280.
- HUNTER, W. C. Y ROBERTS, J. M. (1963). Chromium in *industrial hygiene and toxicology*. Interscience Publishers. Nueva York, Vol. II, pp. 1017-1022.
- IMBUS, H. R., CHOLAK, J., MILLER, L. H. Y STERLING, T. (1963). Boron, cadmium and nickel in blood and urine. Arch. Environ Health 6, 286-295.
- LOCKWOOD, A. P. M. (1976). *Effects of pollutants in aquatic organisms*. Cambridge University Press. Londres, pp. 193.

- MACHLE, W. y GREGORIUS, F. (1948). Cancer of the respiratory system in the United States chromate-producing industry. Pub. Health Rep. 63, 1114-1127.
- MALTONI, C. (1976). Precursor lesions in exposed population as indicators of occupational cancer risk. Ann. N. Y. Acad. Sci. 274, 444-447.
- MERTZ, W. y ROGINSKY, E. E. (1961). Effect of trivalent Cr complexes of glucose uptake by epididymal fat tissues on rats. J. Biol. Chem. 236, 318-330.
- PADKAO, L. M. y YOE, J. H. (1959). Spectrochemical determination of magnesium, chromium, nickel, copper and zinc in human plasma and red cells. Clin. Chim. Acta. 4, 507-513.
- PEKAREK, R. S., HAUER, E. C., WANNEMACHER, R. W. y BEISEL, W. S. (1974). The direct determination of serum chromium by an atomic absorption spectrophotometer with a heated graphite atomizer. Analyt. Biochem. 59, 283-292.
- PERKIN-ELMER. (1976). Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Biochemistry methods. Norwalk, Connecticut, U.S.A. pp. BC-6, BC-20.
- ROE, F. J. C. y CARTER, R. L. (1969). Chromium carcinogenesis: calcium chromate as a potent carcinogen for the subcutaneous tissues of the rat. Brit. J. Cancer 23, 172-176.
- ROYLE, H. (1975). Toxicity of chromic acid in the chromium plating industry. Environ. Res. 10, 39-53.
- STOKINGER, H. E. (1963). Chromium in *industrial hygiene and toxicology*. Interscience publishers. Nueva York, pp. 1017-1022.
- SCHRAMMEL, P. (1973). Determination of eight metals in the international biological standard by flameless absorption spectrometry. Analyt. Chim. Acta. 67, 69-77.