

Evaluación de la exposición ocupacional a cromo en industrias de cromado en Valencia, Venezuela

Alves Sarmiento¹, Maritza Rojas^{1,2*}, Olga Agreda¹, David Seijas¹, Maria de Los Angeles Alvarez³

¹Centro de Investigaciones Toxicológicas de la Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela. ²MRM-CONSULTOX, Valencia, Venezuela. ³Laboratorio de Espectroscopia de Absorción Atómica, Centro de Química Analítica, Universidad Central de Venezuela, Caracas

ABSTRACT

Assessment of the occupational exposure to chromium in chromium-industries in Valencia, Venezuela

Twenty three (23) workers were studied in 2 plating industries: hard-surface plating (A); n=20 and decorative plating (B); n=3, to characterize potential health effects due to Chromium (Cr) exposure. A questionnaire was designed to collect personal data, health information, work activities and life-styles. Personal Cr⁺⁶-Air and biological monitoring of Initial and Final Cr in Urine (U-Cr), were conducted. Results show that A had workers had higher mean of Cr⁺⁶-Air than B, but the difference was no statistically significant which was not expected due to the type of process. The average concentration of U-Cr Initial and Final, on workers with "Direct" exposure (15 workers) was significantly higher (p=0,005; y p =0,008 respectively) to the workers with "Indirect" exposure (8 workers) as it was expected. At "A", the mean concentration of Initial U-Cr in chroming workers (13,98 ± 8,78 ug/g Ct), was significantly higher (p=0,012) to the one obtained with workers of the Administrative area (2,53 ± 1,7 ug/g Ct). Maintaining mechanics (MM) mean (13 ± 5,57 ug/g Ct) was significantly higher to the level obtained from Operator (O) (6,04 ± 1,78 ug/g ct) and Administrative area workers (2,53 ± 1,7 ug/g ct), (p=0,047 y p=0,004 respectively). This can be explained because MM and O are exposed "directly" working very near to the chromium piles. Main symptoms reported were dermal (65,2%) and respiratory (30,4%), which are the most vulnerable systems to Cr. The association of biological and environmental monitoring, show a direct correlation (r =0.373), and significant (p=0,04), however, the Cr⁺⁶-Air level was not able to explain with confidence, the variability in U-Cr concentrations. It is recommended a new study with a more frequent sampling during the day and more extended in time.

Keywords: electroplating, chromium, occupational, monitoring

INTRODUCCION

El Cromo (Cr) es un metal versátil y complejo, cuyos efectos adversos dependen, en gran medida, de su Valencia. El Cr trivalente (Cr⁺³) y hexavalente (Cr⁺⁶), son los únicos compuestos de Cr significativamente asociados a efectos dañinos en el ser humano. Sin embargo, el Cr también es un importante elemento traza en el organismo (1).

Los compuestos de Cr⁺⁶ son ampliamente utilizados en el ámbito industrial. Dos procesos de cromado industrial se destacan: el cromado decorativo (que mejora el aspecto de la pieza acabada y le da cierto grado de protección a la misma

frente a los agentes atmosféricos), y el cromado duro (que se emplea donde se requiere una gran resistencia al desgaste, dureza y defensa contra la corrosión y la oxidación). En el "cromado decorativo" se utiliza un baño de ácido crómico en el cual se sumerge la pieza a recubrir una vez que ha sido previamente tratada con un ligero revestimiento de cobre o níquel. De esta manera se hace la deposición electrolítica del cromo sobre la pieza. En el caso del "cromado duro", se hace la deposición electrolítica del cromo directamente en la pieza limpia (2,3).

La exposición ocupacional en forma crónica al metal puede producir alteraciones a nivel dérmico, del sistema respiratorio, renales, del sistema hematológico, de las mucosas oral y nasal, entre otras (4,5). Los principales efectos tóxicos crónicos son, úlceras en manos, dermatitis alérgica, perforación del tabique nasal y cáncer del pulmón. Se considera que el mayor daño que producen los compuestos de Cr⁺⁶ al organismo, es su comprobado efecto carcinogénico, por lo que aquellos trabajadores que están expuestos a

*Autor correspondente. Dirección para correspondencia: Calle Urano 91-20 Trigal Norte, Valencia, Venezuela. Telefax: (+58-241) 414 3424028. E-mail: rojas.m@intercable.net.ve

dichos compuestos, tienen un alto riesgo de padecer de cáncer, principalmente el relacionado con las vías respiratorias (3,4,6,7). La International Agency for Research on Cancer (IARC) clasifica al Cr^{+6} como carcinógeno clase I (8).

Entre las principales fuentes de exposición ocupacional al Cr se pueden citar: soldadura en acero inoxidable, producción de cromatos, platinado al Cr, producción de ferro-Cr. Igualmente, en tenerías y curtido del cuero y en la producción de pigmentos. La exposición ocupacional más importante a los compuestos de Cr^{+6} , se debe a los cromatos y dicromatos de sodio, potasio, calcio y amonio durante la producción de cromatos; a trióxido de Cr durante el cromo-platinado y a cromatos alcalinos hidrosolubles durante la fundición del acero (6).

Dado que la principal vía de eliminación del Cr^{+6} es a través del riñón y su vida media se encuentra entre 15 a 41 horas, la determinación de este ión en orina se considera un buen indicador biológico de exposición reciente en cromadores (9).

En la ciudad de Valencia, Estado Carabobo, existen algunos talleres de cromado y hasta donde alcanza la inspección ocular derivada de la visita a los mismos, no existe en ellos el cumplimiento de las medidas adecuadas de protección y control de los efectos adversos consecuentes a la exposición laboral al metal. Los trabajadores expuestos a nieblas de ácido crómico en operaciones de cromado, constituyen un grupo de alto riesgo y aparentemente poco estudiado desde el punto de vista de la higiene ocupacional en nuestro país. Por las razones anteriormente expuestas, se consideró importante hacer un diagnóstico de las condiciones de exposición de 2 empresas seleccionadas (una de cromado decorativo y otra de cromado duro), para determinar si sus trabajadores podrían estar afectados en su salud, por sus prácticas de trabajo, evaluando parámetros que contribuyen a estas afectaciones.

METODOLOGIA

La población general estuvo constituida por un total de 23 trabajadores, pertenecientes a dos empresas cromadoras, una de cromado duro (platinado de Cr) ($n=20$) (que denominamos A para efectos de confidencialidad). Esta representó el 87% de la población y otra de cromado decorativo ($n=3$) (que denominamos B), representando el 13% restante de la población en estudio.

Criterios de Inclusión: Tiempo mínimo de 6 meses en actividades relacionadas con cromado duro o decorativo.

Criterios de exclusión:

Uso de medicamentos con efectos nefrotóxicos: aminoglucósidos, furosemida y ácido acetilsalicílico.

Antecedentes patológicos: rinitis, neumonía.

Enfermedades de base: diabetes, hipertensión arterial, patología renal (litiasis, glomerulonefritis, pielonefritis).

Enfermedad aguda interferente: hepatitis.

La clasificación empleada en este estudio, en términos de tipo de exposición fue así: los trabajadores que permanecían durante toda la jornada laboral en actividades relacionadas directamente con el Cr, se consideraron de "exposición Directa" (conformado por 15 trabajadores). Estos no tenían contacto directo y/o permanente con el proceso de cromado. Los clasificados como de "exposición Indirecta", lo conformaron 8 trabajadores. El proceso además, fue caracterizado como (10):

- ❖ **"Automático":** Sigue un procedimiento pre-programado y los trabajadores, principalmente supervisan el proceso y fijan las posiciones de los percheros o soportes cuando se requiere.
- ❖ **"Semi-automático":** Los trabajadores mueven los percheros manualmente o con la ayuda de "guías", a los baños.
- ❖ **"Manual":** En éste, las piezas que van a ser platinadas tienen que levantarse manualmente de un baño a otro.
- ❖ **"Mixto":** Una mezcla entre los mencionados.

Para recolectar los datos se utilizó un cuestionario que contenía información sobre: datos personales, perfil de salud, estilos de vida y condiciones del ambiente laboral (proceso productivo, tiempo y tipo de exposición, uso de Equipos de Protección Personal -EPP-, conocimiento de los riesgos a los que están sometidos, etc.). Para la participación en el estudio, la población firmó una carta de consentimiento donde se hacía constar el propósito del proyecto y la confidencialidad de sus nombres y el de sus empresas para los efectos de publicación de los resultados.

Se aplicaron los siguientes métodos para evaluación de la exposición:

Monitoreo Ambiental Personal: Se realizó mediante la técnica del aerosol inhalable. Para ello se utilizaron filtros de éster de celulosa de 37 mm de diámetro y 0,8 mm de porosidad, colocados sobre un portafiltros IOM SKC y conectados a una bomba de muestreo personal, modelo 224-PCXR8 (marca SKC). Durante el muestreo, la bomba con los mencionados filtros se colocó en el área respiratoria y el volumen de aire en la bomba fue calibrado a 1,5 l/min., para un muestreo de 8h durante un día. En este muestreo se utilizaron 2 filtros de celulosa los cuales fueron cambiados luego de 4 horas de muestreo (4). Una vez recolectadas las muestras fueron analizadas de acuerdo al método NIOSH 7600 (11), para determinar el contenido de Cr^{+6} . En este método se realiza una extracción del Cr^{+6} presente en el filtro con una solución que contiene $\text{Na}_2(\text{CO}_3)$ al 3% (Riedel de Haën) y NaOH al 2% (Riedel de Haën). El extracto obtenido, una vez filtrado, se trata con una solución de difenilcarbazida 0,002 M (Riedel de Haën), para formar un complejo coloreado de Cr^{+6} , el cual fue cuantificado por UV-Visible utilizando un espectrofotómetro Labda 3D (Perkin Elmer). Se realizó una curva de calibración con 4 patrones de Cr^{+6} a las concentraciones de 0,1- 0,2- 0,3 y

0,4 ug/ml, obteniéndose una línea recta con un $r = 0,998$. Se evaluaron blancos utilizando el mismo procedimiento que para las muestras pero sin añadir el estándar conocido. Este muestreo fue efectuado solo a 22 trabajadores pues uno no se presentó a la empresa el día del muestreo.

Monitoreo Biológico: Se recolectaron dos muestras de orina puntual para cada trabajador. La primera muestra fue tomada antes de comenzar la jornada de trabajo y otra al final de la misma. Se utilizaron recolectores de PVC previamente tratados con HNO_3 al 10% (Riedel de Haën) para asegurar que estuviesen libres de contaminación por Cr. Las muestras se mantuvieron congeladas a -70°C hasta el análisis.

Para el análisis, se descongelaron, homogeneizaron, y se dejaron estabilizar por 15 min. Luego se tomó el sobrenadante de cada muestra y se le agregó HNO_3 concentrado ultra puro (Riedel de Haën) y Tritón X-100 (Sharlau), hasta alcanzar una concentración Final de 0,1% de ambos reactivos en el sobrenadante.

La cuantificación del Cr total en orina (**Cr-O**), se realizó por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito, utilizando un equipo Perkin Elmer SIMAA 6000 con horno de grafito de calentamiento transversal y corrector de fondo basado en el efecto Zeeman. Igualmente, se utilizó un muestreador automático Perkin Elmer AS-40 (12).

Para el análisis en el horno de grafito se aplicó un programa de calentamiento con una temperatura de calcinado de 1250°C y una temperatura de atomización de 2500°C , empleando como modificador químico $15 \mu\text{g}$ de $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ (Riedel de Haën) en cada inyección de la muestra. El volumen de muestra inyectado fue de $30 \mu\text{l}$. Cada muestra se analizó por duplicado (tiempo de análisis/muestra: 8 min. aproximadamente).

El control de calidad se realizó mediante la técnica de adición de estándar y se verificó con una muestra control de orina Lipocheck Control Level I de Bio-Rad, la cual se analizó por triplicado. El límite de detección obtenido para el Cr-O fue de $0,12 \mu\text{g/l}$ y el límite de cuantificación fue de $0,40 \mu\text{g/l}$. La concentración del metal en orina fue corregida con la concentración de Creatinina (Ct) y los resultados expresados en $\mu\text{g/g Ct}$. Dicha creatinina se determinó por colorimetría utilizando el método de Jaffé modificado (13) (Kits Biogamma C.A.).

Examen médico: Se realizó un examen médico general, con especial énfasis en las alteraciones de la piel, pulmón y membranas mucosas producidas por el Cr.

Análisis Estadístico: Estudio de corte transversal. Para el tratamiento de datos se utilizó el programa SPSS versión 12. Se realizó el análisis descriptivo y exploratorio y la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la comprobación de la normalidad de las variables en estudio. Se utilizaron las pruebas t-Student para una muestra y para muestras independientes. Se emplearon las pruebas no paramétricas Mann Whitney y Kruskal Willis, para el análisis de comparación de los datos obtenidos.

Para determinar si existe una correlación entre los resultados del monitoreo biológico expresado como Cr-O Inicial

al y Final ($\mu\text{g/g Ct}$) y los resultados del monitoreo ambiental, expresado como Cr^{+6} -Aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), se tomó la población general ($n=22$), sin hacer distinción entre el tipo de empresa de Cromado donde laboran, debido al bajo número de trabajadores disponibles en la empresa de cromado Decorativo ($n=3$). Los cálculos se realizaron con un modelo de Regresión Lineal Simple, con 2 modelos expresados de la siguiente manera:

- 1) Para valores de Cr-O Iniciales ($\mu\text{g/g Ct}$): $\text{Cr-O Ini} = 8,10 + 3,31 (\text{Cr}^{+6}\text{-Aire})$; ($R^2 = 0,13$; $n = 22$)
- 2) Para valores de Cr-O Finales ($\mu\text{g/g Ct}$): $\text{Cr-O Fin} = 7,24 + 1,5 (\text{Cr}^{+6}\text{-Aire})$; ($R^2 = 0,04$; $n = 22$)

En ambos modelos se consideró como variable independiente al Cr^{+6} -Aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), y como variables dependientes a las concentraciones de Cr-O Inicial y Cr-O Final ($\mu\text{g/g Ct}$). De igual forma, ambos modelos estuvieron ponderados por el número de horas laboradas diariamente.

RESULTADOS

La caracterización de la población estudiada se observa en la Tabla 1. En la Tabla 2 se muestra la distribución de la población estudiada según tipo de exposición, proceso y ocupación, en las empresas donde laboran. Los hallazgos indican que la media de Cr-O Inicial y Final de la jornada en trabajadores con exposición directa, fue significativamente superior ($p=0,005$; y $p = 0,008$ respectivamente) a la media de Cr-O Inicial y Final de los trabajadores con exposición indirecta.

La Tabla 3 reporta los valores promedio de Cr-O ($\mu\text{g/g Ct}$), Inicial y Final, y Cr^{+6} -Aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), en la población estudiada, de acuerdo al tipo de exposición y proceso productivo en ambas empresas. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre las medias de Cr-O Inicial y Final ni en A ni en B. Igualmente, la concentración promedio de Cr^{+6} -Aire, en ambas empresas, no fue estadísticamente diferente con respecto al límite permisible ($1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) referido por OSHA (15,16).

Así mismo, no se encontró una diferencia significativa, entre las medias de Cr-O, Inicial y Final, en A, considerando ambas exposiciones, la Indirecta ($p=0,199$) y la Directa ($p=0,701$).

La Tabla 4 muestra los niveles de Cr-O Inicial y Final ($\mu\text{g/g Ct}$) y de Cr^{+6} -Aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), según tiempo de exposición/día (en ambas empresas). No se encontraron diferencias significativas ($p=0,408$) entre los promedios de Cr^{+6} -Aire, entre ambas empresas.

Cuando se estudiaron los trabajadores según su ocupación (en la Empresa A), se determinó que la media de Cr-O Inicial observada en los Cromadores ($13,98 \pm 8,78 \mu\text{g/g Ct}$), fue significativamente superior ($p=0,012$) a la media obtenida en los trabajadores del área Administrativa ($2,53 \pm 1,7 \mu\text{g/g Ct}$). Por otra parte, la media de Cr-O Inicial observada

Table 1: Caracterización de la población estudiada (n=23).

PARAMETRO	PROMEDIOS			Empresa A			Empresa B			TOTAL	
	A+B	Empresa A	Empresa B	n	%/23	%/20	n	%/23	%/3	n	%/23
GENERO											
Masculino	NA	NA	NA	17	73,91	85	3	13,04	100	20	86,96
Femenino	NA	NA	NA	3	13,04	15	0	0,00	0	3	13,04
EDAD (Años)	34,09 ± 12,01 (R=19-65)	30,80 ± 8,56 (*) (R=19-49)	56,00 ± 7,94(*) (R=50-65)	-	-	-	-	-	-	23	100,00
TIEMPO TRABAJANDO EN EMPRESA (Años)	7,552 ± 9,50 (R=0,4-35,0)	5,335 ± 6,09 (R=0,4-25,0)	22,33 ± 16,23 (R=4,0-35)	-	-	-	-	-	23	100,00	
HORAS DE TRABAJO/DIA											
8	NA	NA	NA	0	0,0	0	2	8,70	66,67	2	8,70
≥ 8	-	-	-	19	82,6	95	0	0,00	0,00	19	82,61
< 8	-	-	-	1	4,3	5	1	4,35	33,33	2	8,70
Total	2 ± 0,426 (R=1-3)	2,05 ± 0,22 (R=2-3)	1,67 ± 1,15 (R=1-3)	20	87,0	100	3	13,04	100,00	23	100,00

R= RANGO; (*): El promedio de edad de B es significativamente superior a A.

Table 2. Distribución de la población estudiada según tipo de exposición, proceso y ocupación en las empresas donde laboran

TIPO DE PROCESO	Tipo de exposición (A)							Tipo de exposición (B)							TOTAL	%/23
	Directa	%/20	%/23	Indirecta	%/20	%/23	Sub-Total	Directa	%/3	%/23	Indirecta	%/3	%/23	Sub-Total		
Automático	2	10	8,70	0	0	0,0	2	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	2	8,70
Semiautomático	4	20	17,39	0	0	0,0	4	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	4	17,39
Manual	6	30	26,09	5	25	21,7	11	1	33,3	4,3	2	66,7	8,7	3	14	60,87
Mixto	2	10	8,70	1	5	4,3	3	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	3	13,04
Total	14	70	60,87	6	30	26,1	20	1	33,3	4,3	2	66,7	8,7	3	23	100,00
OCUPACION																
Cromador	2	10	8,70	0	0	0,0	2	1	33,33	4,35	0	0,0	0,00	1	3	4,35
Tornero/Operador	8	40	34,78	0	0	0,0	8	0	0,00	0,00	0	0,0	0,00	0	8	0,00
Mecánico de Mantenimiento	4	20	17,39	0	0	0,0	4	0	0,00	0,00	0	0,0	0,00	0	4	0,00
Administración	0	0	0,00	6	30	26,1	6	0	0,00	0,00	2	66,7	8,70	2	8	8,70
Total	14	70	60,87	6	30	26,1	20	1	33,33	4,35	2	66,7		3	23	13,04

en los Mecánicos de mantenimiento ($13 \pm 5,57$ ug/g Ct), fue significativamente superior a la media reportada en las ocupaciones de Tornero/Operador ($6,04 \pm 1,78$ ug/g Ct), y Administrativas ($2,53 \pm 1,7$ ug/g Ct), ($p=0,047$ y $p=0,004$ respectivamente). A su vez, la media de Cr-O Final en la ocupación de Tornero/Operador ($6,87 \pm 2,47$ ug/g Ct), fue significativamente superior ($p = 0,009$) a la media observada en el área Administrativa ($3,84 \pm 2,04$ ug/g Ct), en la empresa de cromado duro (A).

Los valores de Cr-O Inicial y Final, en la población en general, fueron significativamente inferiores ($p=0,000$) al límite permisible establecido por la ACGIH (14) de 30 ug/g Creatinina. Igualmente, no se encontró una diferencia significativa entre la concentración promedio de Cr⁺⁶-Aire, en ambas empresas, con respecto al límite permisible (1 ug/m³) establecido por OSHA (15,16) (Tablas 3 y 4).

Al calcular si existe una correlación entre niveles de exposición a Cr⁺⁶-Aire y los niveles de Cr-O Iniciales, los

Table 3. Valores promedio de Cr-O (mg/g Ct), Inicial y Final, y Cr⁺⁶-Aire (mg/m³), en la población estudiada, de acuerdo al tipo de exposición y de proceso en ambas empresas

Tipo de exposición	Tipo de proceso/empresa	Empresa A			Empresa B			Cr-O INICIAL	Cr-O FINAL	Cr ⁺⁶ -Aire
		n	%/15(*)	%/23	n	%/15(*)	%/23	X±DE	X±DE	X±DE
DIRECTA (n=15)	Cromado duro (A)	14	93,3	60,87	NA	NA	NA	9,16±5,37 (R=3,77-21,0)	8,64±4,17 (R=3,91-17,90)	1,10±1,97 (R=0,3-7,64)
	Cromado decorativo (B)	NA	NA	NA	1	6,7	4,3	0,07±0,0 (R=0,07-0,07)	0,07±0,0 (R=0,07-0,07)	1,05±0,0
	DIRECTAA+B TOTAL	14	93,3	60,87	1	6,7	4,3	8,59 5,63 ⁽²⁾ (R=0,54-21,00)	8,06±4,59 ⁽³⁾ (R=0,03-17,90)	1,10±1,90 ⁽⁴⁾ (R=0,03-7,64)
		n	%/8(**)	%/23	n	%/8(**)	%/23			
INDIRECTA (n=8)	Cromado duro (A)	6	75	26,08	NA	NA	NA	2,53±1,70 (R=0,93-5,57)	3,84±2,04 (R=0,69-6,55)	0,30±0,37 (R=0,03-0,93)
	Cromado decorativo (B)	NA	NA	NA	2	25	8,7	1,20±1,60 (R=0,07-2,34)	0,08±0,016 (R=0,07-0,09)	0,57±0,40 (R=0,29-0,86)
	TOTAL INDIRECTAA+B	6	75	26,08	2	25	8,7	2,27±1,80 ⁽²⁾ (R=0,07-5,57)	2,96±2,64 ⁽³⁾ (R=0,07-6,55)	0,38±0,36 ⁽⁴⁾ (R=0,03-0,93)
TOTAL		20	NA	87,0	3	37,5	13,0	6,37±5,551 ⁽⁴⁾ (R=0,07-21)	6,27±4,65 ⁽⁴⁾ (R=0,03-17,90)	0,87±1,60 (R=0,03-7,64)

(*): % SOBRE TOTAL DE DIRECTA; (**):% SOBRE TOTAL DE INDIRECTA; NA: No aplicable.

(1): Diferencia no estadísticamente significativa entre promedios de Cr⁺⁶ (ug/m³), de acuerdo al tipo de exposición (Directa vs. Indirecta), utilizando el Test no Paramétrico de Mann Whitney;

(2): La media de Cr-O **Inicial** (en ambas empresas), en individuos con exposición Directa, fue significativamente superior (p= 0,005), a la media de Cr-O **Inicial** de los individuos con exposición Indirecta;

(3): La media de Cr-O **Final** (en ambas empresas), en individuos con exposición Directa fue significativamente superior (p= 0,008) a la media de Cr-O **Final** de los individuos con exposición Indirecta;

(4): Los valores de Cr-O Inicial y Final, en la población en general, fueron significativamente inferiores (p=0,000) al límite permisible establecido por la ACGIH (14) de 30 ug/g Creatinina.

resultados muestran una correlación directa (r=0,373), significativa (p=0,04), entre ambos parámetros. Sin embargo, en el modelo de regresión, las variaciones de los valores de Cr-O Inicial, tan sólo pudieron ser explicadas en un 13% por las variaciones de los valores de Cr⁺⁶-Aire (ug/m³), siendo la significancia estadística del modelo p = 0,08. Al realizar el mismo cálculo pero para valores Finales de Cr-O, se evidencia que existe una relación directa pero no significativa en relación a su comportamiento, con los valores de Cr⁺⁶-Aire (r =0,20; p =0,178), por lo tanto, en el modelo de regresión las variaciones de las concentraciones de Cr-O Finales observadas en los trabajadores, tan sólo pueden ser explicados en un 4% por las variaciones en los valores de Cr⁺⁶- Aire, siendo la significancia de dicho modelo de p =0,357

La Tabla 5 muestra la distribución de la población estudiada según tipo de signos/síntomas reportados y ocupación. En la Empresa A, el 75% de sus trabajadores reportan signos/síntomas Dérmicos. Dentro de éstos, los principales referidos fueron, para la Exposición Directa e

Indirecta, prurito y úlcera cutánea, 50%/20 c/u y 30%/20 c/u, respectivamente. En esta misma Empresa, los signos/síntomas Respiratorios principalmente reportados para la Exposición Directa, fueron: Irritación nasal y tos, 45%/20, seguidos de rinorrea y bronquitis, 30%/20 c/u. El principal signo/síntoma para la Exposición Indirecta fue tos, 15%/20, seguido de irritación nasal, 5%/20. En la Empresa B no hubo ningún signo/síntoma reportado.

Al considerar los resultados de las sustancias químicas (aparte del Cr), a las que están expuestos los individuos, de los 20 trabajadores de la Empresa A, 4 (20%) están expuestos a "Aceite hidráulico", seguidos de 15 (13%), que están expuestos a Taladrina. En la Empresa B, de sus 3 trabajadores, 2 (33,3%), están expuestos a Soda cáustica (NaOH).

Cuando se investigó el hábito del cigarrillo, los resultados de la Empresa A indican que de los 20 trabajadores, 5 (25%) fumaban. De éstos, 3 se fumaban < de ½ caja/día y 1 se fumaba 1 caja/día. En la Empresa B, ninguno fumaba.

Table 4. Niveles de Cr-O Inicial y Final (ug/g Ct) y de Cr⁺⁶-Aire (ug/m³), según horas de trabajo/día (A+B).

Horas de exposición/día	n	%/ 20 (*)	%/ 23	Cr-ug/g Ct Inicial	Cr-ug/g Ct Final	Cr ⁺⁶ -Aire(ug/m ³)
				X ± DE	X ± DE	X ± DE
Empresa A						
8	0	0	0	0	0	0
≥ 8	19	95	82,6	7,5068 ± 5,4467 (R=1,45-21)	7,3768 ± 4,3005 (R=0,69-17,90)	0,9439 ± 1,7632 (R=0,03-7,64)
< 8	1	5	4,3	0,93	3,89	0,03
Sub-total	20	100	87,0	7,178 ± 5,5016 (R=0,93-21)	7,2025 ± 4,44 (R=0,69-17,90)	0,895 ± 1,73 ⁽²⁾ (R=0,03-7,64)
Empresa B						
		%/ 3 (**)				
8	2	66,7	8,7	1,4400 ± 1,2728 (R=0,54-2,35)	0,0635 ± 0,417 (R=0,03-0,09)	0,6700 ± 0,5374 (R=0,29-1,05)
≥ 8	0	0	0			
< 8	1	33,3	4,3	0,07 ± 0,0 (R=0,07-0,07)	0,07 ± 0,0 (R=0,07-0,07)	0,086 ± 0,0 (R=0,086-0,086)
Sub-total	3	100	13,0	0,9833 ± 1,198 (R=0,07-2,34)	0,0657 ± 0,2974 (R=0,03-0,09)	0,7333 ± 0,3955 ⁽²⁾ (R=0,29-1,05)
A + B						
8	2	-	%/ 23 8,7	1,4400 ± 1,2728 (R=0,54-2,34)	0,0635 ± 0,417 (R=0,03-0,09)	0,67 ± 0,537 (R=0,29-1,05)
≥ 8	19	-	82,6	7,5068 ± 5,4467 (R=1,45-21,00)	7,3768 ± 4,3005 (R=0,69-17,90)	0,943 ± 1,763 (R=0,03-7,64)
< 8	2	-	8,7	0,5000 ± 0,6081 (R=0,07-0,93)	1,9800 ± 2,7011 (R=0,07-3,89)	0,445 ± 0,586 (R=0,03-0,86)
Total	23	-	100	6,3700 ± 5,5517 ⁽¹⁾ (R=0,07-21,00)	6,2716 ± 4,6579 ⁽¹⁾ (R=0,03-17,90)	0,87 ± 1,60 (R=0,03-7,64)

(*): % calculado sobre total individuos Empresa A;

(**): % calculado sobre total individuos Empresa B;

(1): No se encontraron diferencias significativas entre los promedios de Cr-O, Inicial y Final, entre ambas empresas (Basado en el total de trabajadores por empresa); (2): No se encontraron diferencias significativas (p=0,408) entre los promedios de Cr⁺⁶-Aire, entre ambas empresas (Basado en total de trabajadores).

Cuando se les interrogó acerca de si consumían bebidas alcohólicas, en la Empresa A, de los 20 trabajadores, 15 (75%), lo hacían. De éstos, 2 (10%) lo hacían con una frecuencia semanal y 13 (75%), ocasionalmente. En la Empresa B, el 100% consumía bebidas alcohólicas, 1/3 (33,3%), lo hacía semanalmente y los 2 restantes (66,7%), lo hacían ocasionalmente.

En referencia a los EPP usados por los trabajadores, los resultados se expresan en la Tabla 6 según tipo de empresa y ocupación.

DISCUSION

Como era de esperarse por el tipo de proceso productivo, la población masculina fue mayor en ambas empresas para un total de 86,96% (Tabla 1). El tipo de proceso Manual también superó los restantes en la población total

alcanzando 14 trabajadores (60,87%) (Tabla 2). De éstos, se observa que en la Empresa A, 6 (42,8%), tienen exposición Directa. Esto permite inferir que no se han establecido en dicha empresa, suficientes mecanismos automáticos y/o semi-automáticos que conlleven a una mejor protección de sus trabajadores, que significarían condiciones, sino ideales, mejores en términos de prevención de efectos adversos.

El hecho de que los valores promedio de Cr⁺⁶-Aire en la Empresa A, fueron levemente superiores a los de la Empresa B (Tabla 4), sin una diferencia significativa entre dichos promedios (p=0,408), no fue exactamente lo esperado. Es conocido que el tiempo para el platinado en el Cromado Duro (A) es mucho mayor, por lo que los resultados acá obtenidos son teóricamente admisibles. Sin embargo, realmente se esperaba que los valores ambientales fuesen mucho mayores en Cromado duro (A) con respecto al decorativo (B), ya que en el proceso electrolítico (en A), se forman burbujas de O₂ e H₂ que generan nieblas de Acido crómico cuando ellas se

Table 5. Distribución de la población estudiada según signos/síntomas reportados y ocupación

OCUPACION	TIPO DE SINTOMA											
	DERMICOS			DIGESTIVOS			RESPIRATORIOS			VISUALES		
	n	%/20 ⁽¹⁾	%/23 ⁽²⁾	n	%/20 ⁽¹⁾	%/23 ⁽²⁾	n	%/20 ⁽¹⁾	%/23 ⁽²⁾	N	%/20 ⁽¹⁾	%/23 ⁽²⁾
Empresa A												
Cromador	2	10	8,7	1	5	4,3	2	10	8,7	1	5	4,3
Tornero/Operad.	7	35	30,4	3	15	13,0	5	25	21,7	5	25	21,7
Mecánico de Mantenimiento	3	15	13,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0
Administración	3	15	13,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0
Sub-total con síntomas	15	75	65,2	4	20	17,4	7	35	30,4	6	30	26,1
Sin síntomas	5	25	21,7	16	80	69,6	13	65	56,5	14	70	60,9
Sub-Total A	20	100	87	20	100	87	20	100	87	20	100	87
Empresa B												
	n	%/3 ⁽³⁾	%/23 ⁽²⁾	n	%/3 ⁽³⁾	%/23 ⁽²⁾	n	%/3 ⁽³⁾	%/23 ⁽²⁾	N	%/3 ⁽³⁾	%/23 ⁽²⁾
Cromador	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Administración	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sub-total con síntomas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sin síntomas	3	100	13	3	100	13	3	100	13	3	100	13
Sub-Total B	3	100	13	3	100	13	3	100	13	3	100	13
A + B												
	n	NA	%/23 ⁽²⁾	n	NA	%/23 ⁽²⁾	n	NA	%/23 ⁽²⁾	N	NA	%/23 ⁽²⁾
Cromador	2	NA	8,7	1	NA	4,3	2	NA	8,7	1	NA	4,3
Tornero/Operador	7	NA	30,4	3	NA	13,0	5	NA	21,7	5	NA	21,7
Mecánico de Mantenimiento	3	NA	13,0	0	NA	0,0	0	NA	0,0	0	NA	0,0
Administración	3	NA	13,0	0	NA	0,0	0	NA	0,0	0	NA	0,0
Sub-total con síntomas	15	NA	65,2	4	NA	17,4	7	NA	30,4	6	NA	26,1
Sin síntomas	8	NA	34,7	19	NA	82,6	16	NA	69,4	17	NA	73,8
Total A + B	23	NA	100	23	NA	21,74	23	NA	100	23	NA	100

(1): % calculado con base en el total de individuos en A; (2): % calculado con base en el total de individuos en A+B (n=23); (3): % calculado con base en el total de individuos en B.

rompen violentamente en la superficie del líquido. La niebla producida dependerá por tanto, de la densidad de la corriente y de las propiedades físico-químicas del baño. Como la temperatura del baño, la densidad de corriente y el espesor de película de la pieza cromada, son menores en Cromado decorativo (B), los valores ambientales en esta empresa deberían resultar aún mucho menores (2,17).

Los hallazgos de Cr⁺⁶-Aire de esta investigación, tanto en Cromado duro (A) como decorativo (B), resultaron mucho menores que los reportados por Jyh-Larng Chen *et al.* (4), quienes obtuvieron promedios de Cr⁺⁶-Aire de 25,2 ug/m³ y 1,91 ug/m³ en Cromado duro y platinado respectivamente. Sin embargo, existe consistencia con estos autores, en el hecho de que los valores en Cromado Duro, son mayores que en la Empresa de platinado por ellos estudiada. Por otra parte, se observa que el tiempo de exposición sí cuenta a la hora de reflejarse en el monitor personal pues los valores de Cr⁺⁶-Aire más elevados (0,9439 ± 1,763 ug/m³), correspondieron, en la Empresa A, a una exposición diaria superior a 8 horas (Tabla 4), como es de esperarse.

Es importante aclarar que no se encontraron valores homogéneos establecidos en la literatura en lo que a valores ambientales permisibles se refiere (3,4,18). Sin embargo, en este estudio se escogió como valor referencial, el nivel propuesto por la OSHA (15,16), de 1 ug/m³.

El hallazgo donde se demuestra que la media de Cr-O Inicial y Final de la jornada, en trabajadores con exposición Directa, fue significativamente superior (p=0,005; y p=0,008 respectivamente) a la media de Cr-O Inicial y Final de los trabajadores con exposición Indirecta (Tabla 3), era el resultado esperado, pues en la Directa, los trabajadoras enfrentan el proceso productivo con el riesgo potencial de mayores efectos adversos. Cuando se hizo el estudio comparativo por ocupación, deben destacarse los valores más altos en el Cromador, el Mecánico de Mantenimiento (MMTO) y el Tornero Operador (TO). Esto se justifica porque además de que estas ocupaciones se encuentran en la clasificación de exposición "Directa", el MMTO y el TO tienen su puesto de trabajo muy cercano a las pilas de cromado y se encuentran expuestos con más regularidad que el propio Cromador, de

Table 6. Utilización de equipos de protección personal (EPP) según la ocupación (n=23)

Ocupación Actual	Casco de Seguridad		Lentes		Guantes seguridad		Botas		Respirador o mascarilla		Delantal		Braga	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
EMPRESA A														
Cromador	1	4,3	2	8,7	2	8,7	2	8,7	2	8,70	2	8,7	1	4,3
Tornero/Operador	1	4,3	7	30,4	1	4,3	8	34,8	8	34,78	1	4,3	1	4,3
Mecánico de Mantenimiento	0	0,0	1	4,3	3	13,0	4	17,4	3	13,04	1	4,3	1	4,3
Administración	0	0,0	0	0,0	1	4,3	3	13,0	2	8,70	0	0,0		0,0
Total	2	8,7	10	43,5	7	30,4	17	73,9	15	65,22	4	17,4	3	13,0
EMPRESA B														
Cromador	0	0	1	4,3	1	4,3	1	4,3	1	4,3	1	4,3	1	4,3
Administración	0	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	0	0	1	4,3	1	4,3	1	4,3	1	4,3	1	4,3	1	4,3
EMPRESA A + B														
Cromador	1	4,3	3	13,0	3	13,0	3	13,0	3	13,0	3	13,04	2	8,7
Tornero/Operador	1	4,3	7	30,4	1	4,3	8	34,8	8	34,8	3	13,04	1	4,3
Mecánico de Mantenimiento	0	0,0	1	4,3	3	13,0	4	17,4	3	13,0	3	13,04	1	4,3
Administración	0	0,0	0	0,0	1	4,3	3	13,0	2	8,7	3	13,04	0	0,0
TOTAL GENERAL	2	8,7	11	47,8	8	34,8	18	78,3	16	69,6	3	13,04	4	17,4

allí que sus valores resulten comparables con los del cromador, siendo éste último, el que trabaja directamente con el proceso.

Sin embargo, sorprende el hecho de que el promedio de Cr-O Final, en la exposición Directa, tanto en la Empresa A individualmente, como en el promedio de ambas empresas, haya resultado levemente inferior al Cr-O Inicial (Tabla 3). Esto puede deberse a la alta variabilidad inter e intra-individual que existe para el monitor Cr-O, y que se explica más adelante. Llama la atención también la gran dispersión de los valores de Cr-O Iniciales y Finales, en la población en general. Esta variación inter-individual, podría explicarse, por un lado, por las diferentes ocupaciones y tareas que cada uno ejerce, que puede a su vez envolver distintas formas químicas del metal, con sus propiedades fisicoquímicas específicas en términos de valencia y solubilidad, que pueden significar cambios importantes en su toxicocinética y toxicodinamia, la carga de trabajo física, etc. (3,19). Igualmente deben considerarse otros factores contribuyentes a esta variabilidad, como sería por ejemplo el factor alimentario (1).

A diferencia del estudio publicado por Pérez D y Olav F (2), quienes encontraron niveles similares en las determinaciones de Cr-O y Cr⁺⁶-Aire, en empresas de Cromado decorativo, en nuestra investigación, tanto los niveles de Cr-O Inicial como los de Final, en el Cromado duro (A), fueron superiores a los de B. Esto puede justificarse, entre otras razones, porque en cromado duro, los tiempos para el recubrimiento de las piezas suele durar varias horas con mayor exposición del trabajador frente a la cuba o baño galvanizado.

Los resultados de calcular la asociación entre los Indicadores biológicos y el monitoreo ambiental, evidencian que existe una asociación positiva entre las variables Cr-O Inicial y Cr⁺⁶-Aire. Sin embargo, esta relación no es determinante, es decir, los valores de Cr-O Inicial tan sólo logran ser explicados en un 13% por los valores de Cr⁺⁶-Aire a que los trabajadores están siendo expuestos. En lo referente al Cr-O Final y su potencial asociación al Cr⁺⁶-Aire, se puede concluir que no existe una asociación significativa entre dichos parámetros.

Estudios realizados por otros autores son consistentes con los de nuestro estudio. Lumen *et al.* (20), en una investigación realizada en los Países Bajos, no encontraron concordancia entre los resultados del muestreo de Cr-Aire y de Cr-O, teniendo en su caso, un impacto significativo las medidas de higiene aplicadas. Sin embargo, la relación entre Cr-O y la exposición ambiental es demostrada en otras investigaciones (9). Por lo anteriormente expuesto podemos concluir que el muestro del aerosol inhalable (Cr⁺⁶-Aire), no pudo explicar, con absoluta confiabilidad, la variación en las concentraciones de Cr-O a diferencia de otros estudios como el de Jyh-Larng Chen (4).

Se observa que los síntomas principales reportados en la Empresa A, son dérmicos (75%). Junto con el sistema respiratorio, la piel se considera el otro sistema más vulnerable y afectado por la exposición a Cr (Tabla 5). La reacción más conocida del Cr es sensibilización y producción de dermatitis alérgica de contacto. Sin embargo, el Cr también produce una reacción de irritación que puede progresar a ulceración de la

piel, principalmente por Cr^{+6} . La respuesta alérgica es controlada por muchas variables: estado de la piel, estado inmunológico, temperatura y humedad ambiental, exposiciones concomitantes (que en este caso estaban presentes), exposición al sol, medicación, etc. (4). Además, hay que tener presente que el baño de Cr es simple en su naturaleza pero complejo en su mecanismo. Básicamente es Oxido de Cr^{+6} , en un medio acuoso-ácido (utilizándose normalmente ácido sulfúrico), lo que origina una solución color naranja que contiene el ión Dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$) (1,5). El mencionado ácido fuerte, es un agente fuertemente irritante y contribuye a potenciar las manifestaciones clínicas. El tracto respiratorio a su vez, es un órgano “blanco” para los efectos del Cr^{+6} , con un resultado de 35% de síntomas de este sistema, reportados en la Empresa A. Se conoce que una vez en el interior de la célula, el Cr^{+6} es reducido al estado trivalente (Cr^{+3}), y luego éste interactúa con proteínas celulares y ADN produciendo las conocidas afectaciones (3).

En la Empresa B como se observa, ningún trabajador reporta síntomas, probablemente porque 2 de sus integrantes tienen una exposición indirecta y el tercero, que es un cromador, aún cuando está clasificado como de exposición Directa, usa la mayoría de los EPP investigados, lo cual disminuye la exposición en la fuente.

Es importante no pasar desapercibido el hecho que en la exposición a Cr, los principales efectos adversos resultan de la exposición crónica a mezclas complejas, que pueden contener, no solo diferentes especies del metal, sino los agentes químicos ya mencionados, ácidos fuertes, Níquel, etc. Por ello, es difícil definir la relación entre la exposición al Cr y los efectos adversos a la salud (19). Como se sabe, la técnica de Cromado Decorativo (B), conlleva una mezcla de Ni-Cr (4). Por ello, debe considerarse que los trabajadores de la Empresa de cromado decorativo (B), están simultáneamente expuestos a Cr y Ni, ambos metales sensibilizantes y cancerígenos, a diferencia de los de Cromado Duro (A), quienes están expuestos solo al Cr.

Con relación al uso de EPP (Tabla 6), se reporta un porcentaje bajo en el uso de guantes (8; 34,8%). El uso de esta medida de protección personal, es muy importante para la operación en los baños (10). Además, los guantes deben ser de buena calidad ya que si no son impermeables, se puede aumentar la exposición al humedecerse, teniendo presente que la calidad del guante debe superar la falsa sensación de seguridad de algunos trabajadores, quienes al usar guantes impermeables, tocan sin cuidado las superficies húmedas y la solución misma, aumentando el riesgo de exposición. Igualmente importante es la protección corporal con el delantal ya que durante el electro-platinado, la exposición es parcialmente debida a la generación del aerosol conteniendo el metal, que se asume se distribuye uniformemente, al menos, en la parte superior del cuerpo (10). Lamentablemente este recurso de protección solo lo reporta el 13,04% en la población total y solo el cromador (1; 33,3%/3) de la Empresa B.

El hábito del cigarrillo se investigó pues éste potencia el riesgo de efectos adversos por la acción del Cr (1). El

resultado revela que en la Empresa B nadie fumaba y en la A lo hacía un 20% de la población estudiada. En la industria del cromado existe la posibilidad de que las soluciones del platinado, puedan ser transferidas desde las manos contaminadas a los cigarrillos, por ejemplo, y luego son absorbidas. Esto sugiere un posible sinergismo entre la exposición al Cr^{+6} y el hábito del cigarrillo (1). Sin embargo, dado los bajos niveles que encontramos en Cr-O (significativamente inferiores $p=0,000$ - al límite permisible establecido de 30 $\mu\text{g/g}$ Creat.), los autores no consideraron pertinente utilizar el hábito del cigarrillo y de consumo de alcohol, como posibles factores de confusión en los cálculos, ya que es obvio que su influencia va a ser despreciable en los resultados obtenidos de Cr-O.

Limitaciones del estudio: Esta investigación fue diseñada para ser realizada con 3 empresas de cromado decorativo, calculando un número aproximadamente similar de trabajadores que en la de Cromado Duro. Lamentablemente, mientras se obtenía el financiamiento para su ejecución, 2 de dichas empresas cerraron, quedando solo la disponibilidad de una sola empresa de Cromado Decorativo, con 3 trabajadores.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- ❖ El análisis de los datos de este estudio resulta de interés ya que se realizó un muestreo personal individual y un monitoreo biológico en cada uno de los trabajadores seleccionados con la ventaja de que los valores de Cr-O reflejan tanto exposición reciente, como pasada (19), que aparte de significativa, resultó útil para la interpretación de los resultados de esta evaluación. Sin embargo, la variabilidad encontrada en los niveles de Cr-O que pueden derivar en una dispersión dramática de dichos valores (7), conduce a la recomendación de diseñar un estudio posterior, con una toma de muestra más frecuente durante el mismo día y a su vez, prolongar por más tiempo dicho muestreo.
- ❖ El hallazgo de que la media de Cr-O Inicial y Final de la jornada, en trabajadores con exposición Directa, fue significativamente superior a la media de Cr-O Inicial y Final de los trabajadores con exposición Indirecta, permite determinar la importancia de la potencialidad de efectos adversos y la necesidad de protección mediante equipos de seguridad.
- ❖ Aún cuando la mayoría de los niveles de Cr^{+6} -Aire no excedieron el límite referencial establecido para comparación, es innegable que hay que prestar atención al mejoramiento de las áreas de trabajo, procedimientos y medidas de higiene, los cuales minimizan la exposición ocupacional a Cr^{+6} y conducen a una reducción de los efectos adversos tradicionales en todos los sistemas “blanco”. Debe tenerse siempre presente que el Cr es un reconocido carcinógeno humano y como tal, el nivel referencial ideal para la

exposición laboral, debería ser cero, por lo que la prevención de la exposición es muy importante.

- ❖ Basado en los resultados de la correlación entre el Cr⁺⁶-Aire y los valores de Cr-O, no se podría afirmar, en forma concluyente, que el uso de la técnica de monitoreo personal para caracterizar exposición a Cr⁺⁶-Aire, hizo posible relacionar estos resultados con las correspondientes concentraciones urinarias de Cr-O.
- ❖ Debido al hecho de que los trabajadores de la Empresa de Cromado duro tuvieron mayores niveles ambientales de exposición y de Cr-O que los de Cromado Decorativo, este estudio recomienda una mayor atención a las operaciones de Cromado-duro, para evitar efectos adversos inmediatos o a largo plazo.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH), de la Universidad de Carabobo por el soporte financiero para la realización del presente proyecto.

A la Lic. Jeimy Hermida del Laboratorio de Espectroscopia de Absorción Atómica del Centro de Química Analítica de la Universidad de Central de Venezuela, por su valiosa colaboración en la determinación de cromo en las muestras de orina.

A la Dra. Belkys Leal del Postgrado de Dermatología de la Universidad de Carabobo por las evaluaciones dermatológicas realizadas al personal estudiado.

RESUMEN

Se realizó un estudio de corte transversal en 2 empresas cromadoras de Valencia, Venezuela, para evaluar posibles efectos adversos por exposición al Cromo (Cr). Se investigaron 23 trabajadores, 20 de cromado duro (A) y 3 de cromado decorativo (B). Se administró un cuestionario para conocer datos personales, clínicos, estilos de vida y prácticas de trabajo. Se utilizaron monitores personales para determinar la concentración ambiental de Cr⁺⁶ (Cr⁺⁶-aire) y se midió la concentración de Cr en Orina (Cr-O), Inicial y Final. Aunque los valores de Cr-Aire en la empresa "A" resultaron levemente superiores a los de "B", realmente se esperaba que, basados en el tipo de proceso, fuesen significativamente mayores en "A". El promedio de Cr-O Inicial y Final en trabajadores con exposición "Directa" (15 Trabajadores), fue significativamente superior ($p=0,005$; y $p=0,008$ respectivamente) a los de exposición "Indirecta" (8 trabajadores), como se esperaba. En la empresa "A" la media de Cr-O inicial observada en los cromadores ($13,98 \pm 8,78$ ug/g Ct), fue significativamente superior ($p=0,012$) a la media obtenida en los trabajadores del área Administrativa ($2,53 \pm 1,7$ ug/g Ct) y la de los Mecánicos de Mantenimiento (MMTO) ($13 \pm 5,57$ ug/g Ct), fue significativamente superior a la de Tornero/Operador (TO) ($6,04 \pm 1,78$ ug/g Ct) y Administrativos ($2,53 \pm 1,7$ ug/g Ct), ($p=0,047$ y

$p=0,004$ respectivamente). Los valores del cromador, MMTO y TO se explican porque son de exposición "Directa", con puesto de trabajo muy cercano a las pilas de cromado. Los síntomas principales reportados en la población general fueron dérmicos (65,2%), seguidos por respiratorios 30,4%, que son los sistemas más vulnerables al Cr. Al asociar indicadores biológicos y monitoreo ambiental, los resultados muestran una correlación directa ($r=0,373$), significativa ($p=0,04$), entre ambos parámetros, sin embargo, el parámetro Cr⁺⁶, no pudo explicar, con absoluta confiabilidad, la variación en las concentraciones de Cr-O. Se recomienda diseñar un estudio posterior con una toma de muestra más frecuente durante el mismo día y prolongar por más tiempo dicho muestreo.

Unitermos: electroplatinado, cromo, ocupacional, monitoreo

BIBLIOGRAFIA

1. Sawyer H. Chromium and its compounds. Chapter 35. En: Zenz Carl, Dickerson O.B. y Horvath E.P. (editors). Occupational Medicine. 3rd. Edition. St. Louis, MO: Mosby Inc, 1994. 487-495.
2. Pérez D y Olav F. Estudio Higiénico en Instalaciones de Cromado Electrolítico. En: Trabajos presentados al II Simposium de Higiene Industrial. Madrid: Editorial MAFRE, 1979.144-161.
3. Caglieri A, et al. The effect of different exhaled breath condensate biomarkers among chrome-plating workers. Environ Health Perspectives 2006; 114: 542-546.
4. Jyh-Larnng Chen, Yue-Liang Guo, Perng-Jy Tsai, Li-Fang Su. Use of Inhalable Cr⁺⁶ Exposure to Characterize Urinary Chromium Concentrations in Plating Industry Workers. J Occup Health 2002; 44: 46-52.
5. Finley B, Mayhall DA. Airbone Concentrations of Chromium Due to Contaminated Interior Building Surfaces. Appl. Occup. Environ. Hyg. June 1994; 9(6): 433-441.
6. Shelnutt S, Goad P, Belsito D. Dermatological Toxicity of Hexavalent Chromium. Critical Reviews in Toxicology 2007; 37:375-387.
7. Pierre F, Diebold F, Baruthio F. Biomonitoring of two types of chromium exposure in an electroplating shop. Int Arch Occup Environ Health 2008; 81:321-329.
8. IARC (International Agency for Research on Cancer). Chromium, Nickel and Welding. Monogr Eval Carcinog Risk Hum. Lyon: IARC, 1990. 49:1-677.
9. Moreno N, Pérez J. Documentación NTP 280: Cromo en Orina: utilización como índice biológico en la exposición laboral. Instituto Nacional de Seguridad e higiene en el trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. pp. 1-9. Disponible en: http://www.mtas.es/Insht/ntp/ntp_280.htm. Accesado en Febrero 2006.
10. Mäkinen M, Linnainmaa M. Dermal exposure to chromium in electroplating. Ann Occup Hyg. 2004. 48(3):277-83.

11. NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). Method 7600: Chromium, hexavalent. En: NIOSH manual of analytical methods. Cincinnati, Oh: NIOSH U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Services, Centers for Disease Control. 1994.
12. Hermida J, Alvarez MA. Optimización de la determinación multielemental de Cr, Ni, Se y V en orina mediante ETAAS. [Trabajo Especial de Grado] Caracas: Fac. de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, 2004.
13. Kazmierczak S. Creatinine. Methods of analyses. Renal function. En: Kaplan L. and Pesce A. (ed). Clinical chemistry, theory, analyses, correlations. 3rd ed. St. Louis; Mosby-Year book Inc, 1996. 497-499.
14. ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). TLVs and BEIs. Threshold limit values and Biological Exposure Indices. Cincinnati: ACGIH, 2002.
15. OSHA (Occupational Safety and Health Administration): Occupational Exposure to Hexavalent Chromium, Proposed Rule. 69 Federal Register 59306-59414. OSHA, October 2004.
16. Dobos R. Lower limits Coming for Hexavalent Chromium. Occupational Hazards. Jan.2005. OSHA's proposed rule on hexavalent chromium promises a sharp drop in exposure limits. Disponible en: http://www.occupationalhazards.com/Issue/Article/37391/Lower_Limits_Coming_for_Hexavalent_Chromium.aspx. Accesado en Mayo 2007.
17. Guillemin M, Berode MA. Study of the difference in chromium exposure in workers in two types of electroplating process. Ann. Occup.Hyg. 1978; 21: 105-112.
18. ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). Chromium. En: Documentation of the threshold limit values for chemical substances in the workroom environment: Chromium. Cincinnati: ACGIH, 1986. 139-140.
19. Franchini R, Mutti A, Cavatorta E, Predoni C, Borghetti A. Biological indicators for the assessment of human exposure to industrial chemicals. EUR 8903. Eds.: L. Alessio, A. Berlin, M. Boni, R. Roi. Comisión de las Comunidades Europeas: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. Bruselas, Luxemburgo, 1984.
20. Lumens M, Ulenbelt P, Geron H, Gerber RFM. Hygienic behaviour in chromium plating industries. Int Arch Occup Environ Health 1993; 64:509-514.