

# ACTUALIZACIÓN

## ASPECTOS TOXICOLÓGICOS RELACIONADOS CON LA UTILIZACIÓN DEL CROMO EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE CURTIEMBRES

Téllez M. Jairo<sup>1</sup>, Carvajal Roxs Mary<sup>2</sup>, Gaitán Ana María<sup>3</sup>

1. Profesor Asociado. Departamento de Toxicología. Facultad de Medicina.

2-3. Posgrado Salud Ocupacional. Facultad de Enfermería.

\*Correspondencia al Dr. Jairo M. Téllez: [jatellezm@unal.edu.co](mailto:jatellezm@unal.edu.co)

### Resumen

El cromo es un elemento metálico de amplia distribución en la naturaleza, en forma de crocoita. Ocupa el cuarto lugar entre los 29 elementos biológicamente más importantes de la corteza terrestre. El cromo se encuentra en varios estados de oxidación, siendo los más comunes, el cromo (III) y el cromo (VI). El cromo se comporta en dos formas diferentes al ponerse en contacto con el ser humano. El cromo (III) es un oligoelemento, indispensable para procesos bioquímicos y fisiológicos necesarios para la vida, específicamente tiene acciones en el metabolismo de la glucosa, el colesterol y los ácidos grasos, además de desempeñar un papel muy importante en diferentes reacciones enzimáticas. El cromo (VI) es un elemento altamente tóxico para el ser humano y está clasificado por la IARC (International Agency for Research on Cancer) en el grupo I (cancerígeno comprobado en humanos) ya que en exposición ocupacional produce cáncer en el sistema respiratorio.

De acuerdo con los datos oficiales del gobierno nacional, en todo el país funcionan aproximadamente 800 empresas de curtiembres; en Bogo-

tá y su sabana se concentran el 60% de estas empresas en nuestro país, ellas se caracterizan por tener un proceso productivo artesanal, ser microempresas y carecer de sistemas técnicos de control al riesgo y vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos.

En Colombia la utilización del cromo VI y sus compuestos en procesos productivos, es considerada como una actividad de alto riesgo para la salud del trabajador y por tanto, están sometidas estas actividades a un control especial por los organismos e instituciones componentes del sistema general de riesgos profesionales (SGRP). (Rev Fac Med Univ Nac Colomb 2004; 52: 50-61).

**Palabras clave:** Salud humana, salud ocupacional, toxicología, cromo hexavalente, actividades de alto riesgo, procesos industriales, curtiembres,

### Summary

Chromium is a metallic element of worldwide distribution found in its oxidative states chromium (III) and chromium (VI) that plays different roles in nature. Chromium (III) works

as an oligoelement indispensable for some enzymatic pathways and play key role in metabolic process of glucose, cholesterol and fatty acids. Chromium (VI) is toxic for the human being and was identified by the IARC like a cancerous agent and classified in group I.

In Colombian there are eight hundred tannery manufactures that utilized Chromium (VI) in its process, 60% are concentrated in Bogotá and his around (sabana de Bogotá). They are little enterprises that work with poor technology and without safety systems that promote workers exposition and ambient contamination. Colombian authorities considered Chromium (VI) utilization like high-risk activities and have under special observation these enterprises and his workers.

This paper highlighted Chromium's utilization in tannery and its toxic implications. (Rev Fac Med Univ Nac Colomb 2004; 52: 50-61).

**Key works:** chromium, tannery, toxicology, health work, ambient contamination.

## Introducción

Se conoce de tiempos remotos efectos adversos en la salud del individuo originados por los metales y sus compuestos. El papiro de Ebers (1500 a.C) contiene información sobre enfermedades producidas por distintos tóxicos entre ellos varios metales. Posteriormente en el siglo XV Paracelso describió por primera vez los peligros ocupacionales relacionados con la metalistería en su libro "Acerca de la enfermedad de los mineros y otras enfermedades de los mineros" (1).

El médico italiano Bernardino Ramazzini, considerado el padre de la medicina del trabajo, profundizó en el siglo XVIII acerca de las en-

fermedades ocupacionales y en sus libros "De Re Metálica" y "Discurso acerca de las enfermedades de los Trabajadores" (2), trató los efectos potenciales que se producían en los trabajadores expuestos especialmente a humos y vapores de metales en sus sitios de trabajo. También se ha llamado la atención por parte de algunos autores sobre la característica especial que tienen los metales de bioacumularse en el organismo y por lo tanto de aumentar la cantidad de metales presentes en el cuerpo humano en la medida en que se incrementa la edad (3).

Un aspecto importante a tener en cuenta cuando se aborda el estudio de la toxicología del cromo, son las especies químicas que presenta y la doble relación que a través de ellas ejerce sobre la salud del individuo. Por una parte el cromo en su valencia 3+ (trivalente), se comporta como un elemento esencial para la vida, al intervenir en procesos bioquímicos y fisiológicos indispensables. Por otra parte en su estado de valencia 6+ (hexavalente), se comporta como un elemento no esencial altamente tóxico para la salud del individuo(4,9).

El cromo hexavalente y sus compuestos, son sustancias que se han venido estudiando desde hace aproximadamente 30 años en varios países, en relación con los potenciales efectos adversos en la salud del individuo al entrar en contacto con ellas especialmente en el medio ocupacional. También se han realizado estudios y se han presentado informes sobre efectos adversos en la salud, de personas no expuestas ocupacionalmente a cromo, sino por exposiciones de carácter ambiental.

En España un estudio realizado en 1976, reportó que 54% de las personas que consultaron al departamento de dermatología laboral del instituto de medicina, higiene y seguridad en el Trabajo de Madrid por dermatosis, eran trabajadores

expuestos a compuestos de cromo especialmente dicromato de potasio (5).

En 1976 la empresa Cromatos de México regaló desechos de cromo para tapar los baches de las calles del pueblo de Lechería en Tultitlán, posteriormente se reportaron varios casos de pobladores con ulceraciones dérmicas y perforación del tabique nasal. La dirección de medio ambiente de Argentina, informó en 1998 niveles muy altos de contaminación por cromo que superaban varias veces los permisibles, en 24 pobladores residentes en cercanías a dos industrias de curtidores localizadas en la provincia de Santa Fe en Argentina; también se informó de la aparición de 12 casos de leucemia en estos pobladores. Como característica común de estas dos industrias de curtidores se encontró una inadecuada disposición en el ambiente de los residuos (6).

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), clasificó el cromo hexavalente y sus compuestos en el Grupo I de sustancias cancerígenas, es decir que son consideradas como sustancias comprobadamente cancerígenas para el humano (7,8).

Otro elemento importante a tener en cuenta al hacer el estudio de la toxicología del cromo es su amplia utilización en múltiples y diferentes procesos productivos, por lo tanto un gran número de trabajadores se encuentren expuestos ocupacionalmente a este metal. En Colombia existen varios procesos industriales que ocupan un gran número de trabajadores, en los cuales el cromo y sus compuestos son utilizados como sustancias básicas involucradas en los procesos. Dos de estos procesos industriales son la industria de curtidores y la industria de la construcción en la utilización y producción del cemento (4,9,10).

En este artículo en particular se abordará el estudio de los aspectos toxicológicos más relevantes del cromo hexavalente involucrado en el proceso industrial de los curtidores, proceso sobre el cual han llamado la atención no solamente las entidades internacionales relacionadas con el tema como la EPA, sino la opinión pública nacional a través de investigaciones periodísticas que señalan aspectos preocupantes sobre el proceso en sí y la tecnología involucrada en él (11-14).

### **Historia, estado natural y química del cromo**

En 1765 Pallas descubrió en Rusia la crocoita o plomo rojo, un mineral de cromo que contiene plomo. El metal fue aislado en 1797 en Francia por Vanquelin quien reconoció que era una combinación de óxido de plomo con un ácido nuevo, cuyo componente metálico designó con la palabra griega *chroma* (color), ya que sus compuestos se caracterizan por lo general por adoptar una hermosa coloración (15).

El cromo no se encuentra solo en la naturaleza, sino distribuido ampliamente como cromita ( $\text{FeO}\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) o piedra de cromo férrico. Puede presentarse en estados de oxidación de II a VI. Los estados de valencia que son de interés industrial son en primer lugar el cromo hexavalente (cromatos) y en menor grado el cromo trivalente (crómico forma estable) (15).

En nuestro país las reservas de cromita provienen de la meteorización de las serpentinas de los departamentos de Córdoba, Chocó y Antioquia, siendo estas últimas las más importantes. Actualmente se están explotando las cromitas de los municipios de Bello y San Pedro (Antioquia) con fines metalúrgicos y químicos (producción de pigmentos de cromo), con buenas perspectivas de reservas en la zona

**Tabla 1.** Compuestos de cromo según su estado de oxidación. Adaptada de . 3,4

Compuesto	Fórmula	Estado de oxidación
Oxido cromoso	$\text{CrO}$	2+
Hidroxido cromoso	$\text{Cr(OH)}_2$	2+
Tetroxido crómico	$\text{CrO}_2$	4+
Pentoxido crómico	$\text{CrO}_5$	5+
Oxido crómico	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	3+
Hidroxido crómico	$\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{xH}_2\text{O}$	3+
Cromitas	$(\text{Cr}_2\text{O}_4)^2$	3+
Anhídrido crómico	$\text{CrO}_3$	6+
Cromatos	$(\text{CrO}_4)^2$ y $(\text{Cr}_2\text{O}_7)^2$	6+

pero aún no se está explotando el mineral con fines refractarios (16).

El cromo es un metal bastante duro y poco alterable. Aparece como terrones, gránulos, polvo o cristales, es soluble en ácido sulfúrico, su símbolo químico es Cr, número atómico 24, pertenece al grupo VI B de la tabla periódica, situado entre los grupos IIA y IIIA dentro de los llamados metales de transición. Sus principales propiedades físicas son: peso atómico: 52g/mol; Densidad: 7.19 g/cm<sup>3</sup>; punto de fusión: 1.857°C; punto de ebullición: 2.672°C (3)

El estado trivalente es anfótero y es la forma más estable, ya que se requiere una energía considerable para convertirlo en otros estados de oxidación más bajos o más altos. El hexavalente es ácido.

### Usos industriales del cromo y población expuesta ocupacionalmente

Con el crecimiento de las actividades industriales, las fuentes de contaminación del medio ambiente por cromo y otros metales han aumentado considerablemente, en especial aquellas relacionadas con el ambiente ocupacional en los procesos productivos de trabajo. Los principa-

les compuestos que tienen interés por su prevalencia en el ambiente son los trivalentes y los hexavalentes.

El cromo y sus compuestos por sus características químicas y por los beneficios que brindan en la elaboración de múltiples productos, son ampliamente utilizados en diversos procesos industriales tanto en Colombia como en el mundo. (Tablas 2,3).

Teniendo en cuenta las cifras de utilización industrial del cromo en los diferentes procesos productivos, es que muchos trabajadores alrededor del mundo y en Colombia se encuentran en contacto con este metal pesado, especialmente en exposición de tipo ocupacional en sus jornadas laborales (Tabla 4).

También es necesario destacar que por ser el cromo hexavalente y sus compuestos sustancias comprobadamente cancerígenas para el humano (IARC), las actividades económicas que involucren en sus procesos estas sustancias, son consideradas en Colombia como actividades de alto riesgo para la salud del trabajador y por tanto deben estar sujetas a un sistema de control especial tanto médico como de higiene industrial por las entidades vigilan-

**Tabla 2.** Fuentes de utilización industrial. Adaptada de 15.

Materiales u objetos que contienen cromo	Oficios o lugar de contacto	Compuestos de cromo
Mineral de cromo	Refinado de cromo	Cromato
Baños de cromo	Artes gráficas	Ácido crómico – dicromato sodio
Aleaciones soldadura	Industria del metal	Cromato
Pinturas y tintes de cromo	Pintores, decoradores ,artes gráficas, textiles, gomas, vidrios ,porcelana	Oxido verde de cromo, hidróxido de cromo, verde cromato de zinc, cromo to de plomo
Aceites, lubricantes y grasas	Industria del metal	Oxido crómico y cromatos
Agentes anticorrosivos en sistemas de refrigeración	Motores diesel, calderas y sistemas de aire acondicionado	Dicromatos alcalinos
Conservantes de madera	Tintes para madera, carpintería, minería	Dicromatos alcalinos
Cemento, productos de cemento, agentes para el fraguado rápido	Producción del cemento, industria de construcción	Cromatos
Materiales de limpieza, materiales de lavado y lejías	Amas de casa, lavanderas, limpiadores	Cromatos
Tejidos, pieles	Industria textil	Cromatos
Cueros teñidos al cromo	Industria del cuero y calzado	Sulfato de cromo, aluminato de cromo

**Tabla 3.** Principales usos del cromo en Colombia. Adaptada de 4,11

Industria	Forma de uso	Consumo
En metalurgia	Metal de aleación	56%
En refractarios	en forma de cromita	20%
En productos químicos	como materia prima para obtener múltiples derivados del cromo de muy diversa utilidad	15%

tes del SGRP. En este aspecto, en Colombia el proceso industrial de curtiembres reviste especial importancia para la salud ocupacional, por utilizar como uno de sus productos importantes en el proceso, compuestos de cromo hexavalente.

### El cromo en el proceso industrial de curtiembres

Se denomina curtiembres al proceso de someter las pieles de animales, especialmente vacunos y caprinos, a una serie de tratamientos con

**Tabla 4.** Población expuesta según actividades industriales en Colombia. Adaptada 4,11

Actividad Industrial	Personal ocupado
Curtidurías, talleres de acabado	2825
Industria de preparación y curtido de pieles	10.900
Curtiembre de pieles	
Fabricación de pulpa de madera, papel o cartón	49.360
Imprenta, editoriales	50.660
Industrias básicas del hierro y acero	10.615
Proceso Industrial de Galvanoplastia No cuantificado	
Fabricación de cuchillería. Herramientas	4.076

diversas sustancias llamadas curtientes y otras diversas operaciones, destinadas a producir modificaciones químicas y físicas en las pieles, con el fin de convertirlas en material duradero, casi imputrescible, apenas permeable al agua y a la vez suave, elástico y flexible, el producto final es el cuero o la piel curtida (17,18).

El proceso de curtiembre de las pieles implica tres etapas o fases de producción, que se denominan ribera, curtido y acabado (19) (Figura 1).

**La fase de ribera** es el conjunto de operaciones mecánicas y tratamientos químicos que tienen por objeto limpiar las pieles de cuantos componentes no son adecuados para el curtido, aislar la dérmis, quitar todas las materias extrañas y dejarla dispuesta para absorber los materiales curtientes. Esta fase de ribera se inicia con la recepción de las pieles provenientes de los centros de sacrificio o mataderos, se salan y se efectúa un proceso de selección de acuerdo a la calidad de las mismas, continúa con el desorillo que consiste en retirar las apéndices (orejas, cola y extremidades) con el uso de un cuchillo, el remojo tiene por objeto retirar de las pieles la sal, sangre, estiercol e impurezas adheridas, mediante el uso de agua y agentes humectantes o tensoactivos como soda cáustica, bicarbonato de sodio y otros álcalis; el apelambrado y depilado consiste en sumergir

las pieles en una solución alcalina de sulfuro de sodio, cal y agua para blanquearla o encalarla con el propósito de remover el pelo de la piel, saponificar en forma parcial las grasas naturales y dilatar las fibras para el posterior curtido; el descarnado consiste en desprender de las pieles residuos de carne o grasa adheridos para mejorar la penetración de los curtientes; por último el dividido consiste en la separación mecánica de la capa superior y la capa inferior o carnasa de las pieles, esta última capa se separa y utiliza en la fabricación de diversos artículos como guantes y juguetes caninos.

En la **fase de curtido** las pieles reaccionan con productos químicos, estabilizando su composición orgánica, evitando de esta manera procesos de descomposición y putrefacción.

Esta etapa se inicia con el desencalado que consiste en remover el sulfuro de sodio y la cal de la piel mediante el uso de dióxido de carbono y sulfato de amonio, con el fin de eliminar la alcalinidad de la misma, también se adicionan encimas pancráticas y bacteriales con el fin de modificar la proteína de las fibras de la piel y convertirla en suave y flexible que facilite la penetración de los curtientes; se continúa con el piquelado que consiste en tratar las pieles con ácidos y sales como el sulfúrico, clorhídrico, fosfórico, acético y cloruro sódico, para dar a la

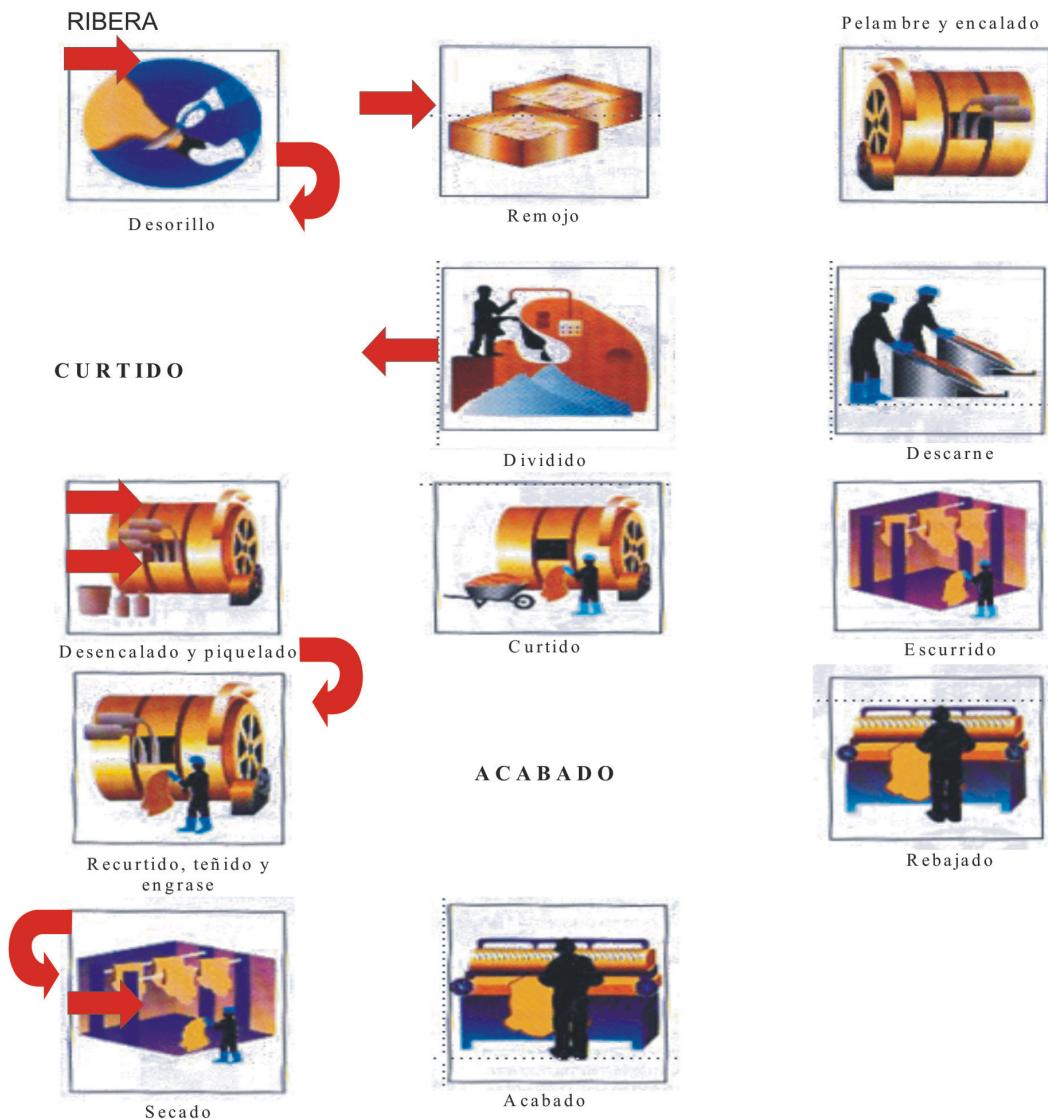


Figura 1. Proceso productivo de curtidores. Fuente adaptada de referencia 19

piel pH entre 2 y 3.5 y recibir el curtido mineral a base de cromo; en el curtido se aplica a la piel un curtiente vegetal o mineral para formar un complejo (cuero) resistente a la degradación física o biológica, los curtientes vegetales son principalmente taninos, mientras los curtientes minerales son compuestos químicos inorgánicos derivados especialmente de cromo, circonio, aluminio y hierro; el escurrido es la operación mecánica mediante la cual el cuero pierde la

humedad y aumenta su área; por último el rebajado consiste en rebajar mecánicamente el calibre del cuero hasta obtener un espesor uniforme (19).

En la **fase de acabado** se involucran operaciones que permiten que la piel pueda ser curtida mediante la utilización de productos químicos y transformada finalmente en cuero; al final de esta etapa se obtiene el denominado “wet blue”

y la piel pasa a denominarse cuero. Esta fase comprende varios subprocessos como el recurtido, engrase y teñido, secado y terminado. El recurtido consiste en someter el cuero nuevamente a agentes curtientes como el cromo con el objeto de afianzar el fijado de las fibras del cuero al curtiente.

El teñido y engrase consiste en darle al cuero el color deseado mediante colorantes y restituirle las grasas perdidas mediante la aplicación de engrasantes dándole al cuero mayor elasticidad, textura y brillo, para la fijación de los engrasantes y colorantes se emplea ácido fórmico o sulfúrico; el secado consiste en eliminar la humedad de los cueros en forma mecánica; por último el terminado consiste en aplicar al cuero tratamientos de superficie para darle mayor resistencia al medio ambiente, mejorar el brillo y la textura (19).

En Colombia, los curtiembres son una de las industrias más reconocidas por la utilización de compuestos de cromo hexavalente y de los más contaminantes que existen, debido a que la gran mayoría de ellas utilizan métodos y procedimientos rudimentarios en su operación.(12-14) La mayoría de las empresas cuenta con maquinaria obsoleta que poseen niveles incipientes de tecnología, no realizan inversión en infraestructura adecuada y muchas de ellas tienen operarios con baja capacitación, además contribuyen a la contaminación y deterioro del medio ambiente (19-21).

En la localidad de Tunjuelito, especialmente en el barrio San Benito, se concentra 90% de las curtiembres de la ciudad de Bogotá, representadas en 327 empresas que realizan diferentes pasos del proceso de fabricación del cuero. Allí no solamente esta expuesta la población que labora en dichos establecimientos y en cada una de las curtiembres, sino que se ve afectada y con un grado de exposición alto, la población

que vive alrededor y que enfrentan el problema de vertimientos contaminantes de esta industria al río Bogotá, ya que se calcula que en Bogotá las descargas de estas industrias pueden ser en total de cuatro mil metros cúbicos por día, de los cuales un 60 a 70% provienen de la preparación de la piel, del 30 al 40% del curtido y de 5 al 10% del acabado. La producción de sólidos es de 50 toneladas diarias, los líquidos son descargados directamente a la red de alcantarillado que posteriormente descarga al río Tunjuelito (12, 20, 21,22).

### Efectos nocivos en la salud por exposición al cromo

El cromo tiene una doble relación con el organismo humano como oligoelemento en su forma trivalente y como elemento altamente tóxico en su forma hexavalente (23). En su forma trivalente es un elemento biológicamente esencial e indispensable para la vida, ya que participa en diversos procesos bioquímicos y fisiológicos del ser humano, dentro de los que se destacan su participación en el metabolismo de la glucosa, los ácidos grasos y el colesterol; está involucrado en reacciones enzimáticas tromboplásticas y betaglucoronidasa y ha sido señalado como un coactor en la iniciación de la acción periférica de la insulina. En su forma hexavalente se comporta como un elemento tóxico que produce efectos nocivos reversibles e irreversibles tanto agudos como crónicos en diferentes sistemas del organismo humano. (23) La Agencia Internacional de Investigación en Cáncer (IARC), clasifica el cromo hexavalente como un elemento comprobadamente cancerígeno en el humano.

Las principales vías de absorción del cromo y sus compuestos en el organismo, son la ingestión, el contacto dérmico y la inhalación, siendo estas dos últimas las principales vías en la expo-

sición ocupacional. En general los compuestos solubles hexavalentes se absorben rápidamente por cualquier vía.

Una vez en el organismo, penetra rápidamente la membrana celular de los hematíes, uniéndose a la fracción globina de la hemoglobina, localizándose luego en el hígado, el bazo, el riñón, los tejidos blandos y el hueso.

El cromo hexavalente posee dos características que explican su alto grado de toxicidad: en primer lugar las membranas celulares son permeables al Cr VI, pero no al cromo III y en segundo aspecto el Cr VI se reduce a Cr III en el interior de las células de las mitocondrias y el núcleo. La reducción de cromo VI a cromo III intracelularmente y la capacidad de formar complejos de coordinación con otras moléculas intracelulares son dos mecanismos muy importantes en la toxicidad crónica del cromo hexavalente (23,24).

Los efectos adversos del cromo en la salud pueden dividir en efectos no cancerígenos y efectos cancerígenos.

### Efectos no cancerígenos

**En la piel y mucosas:** El cromo VI ejerce una acción corrosiva sobre la piel, produciendo úlceras cutáneas, las cuales se comienzan como una pápula indolora que posteriormente se ulcerara y puede penetrar a tejidos subcutáneos, pudiendo alcanzar el hueso subyacente. La dermatitis alérgica es otra lesión que se puede producir por inhalación o por contacto cutáneo con cromo VI, en la piel genera irritación primaria y sensibilización. La inhalación de vapores de cromo VI por largos periodos, puede causar ulceración indolora, epistaxis y perforación del tabique nasal; este efecto se produce por depósito de partículas de cromo VI o pequeñas gotas

de niebla en el tabique nasal, perforando el cartílago del tabique (24).

**En el sistema respiratorio:** Este riesgo se deriva de la inhalación de polvo y humos procedentes de la fabricación de dicromato a partir del mineral cromita. También se puede presentar por inhalación de nieblas de ácido crómico durante el proceso de cromado en la galvanoplastia. La inhalación de estas sustancias genera irritación del tracto respiratorio superior y posterior sensibilización, llegando a ocasionar rinitis crónica, bronquitis crónica y asma de origen ocupacional.(25)

**Sistema renal:** Se ha descrito relación entre la exposición de trabajadores a lluvias de ácido crómico y cromo hexavalente soluble procedentes de los humos de las soldaduras y la aparición de necrosis tubular renal.

**En el sistema inmunológico:** Los metales como el plomo, el mercurio, el cadmio, el berilio y el cromo han sido considerados como xenobióticos que poseen actividad inmunotóxica. En términos generales se apunta que estos metales en exposición continua a dosis bajas causan efectos inmunosupresores, mientras que a dosis altas produce inmunoestimulación tanto en animales de experimentación como en el hombre (26).

### Efectos genotóxicos

La mayoría de compuestos hexavalentes han demostrado ser mutagénicos en las células eucariotas y procariotas. Algunos estudios con histidina y triptófano, sugieren que el cromo induce lesiones que son reparadas por los mecanismos de post-replicación recombinante. Otros estudios implican al cromo como causante directo de modificaciones en los pares de bases del DNA. Múltiples estudios respaldan la capacidad

mutagénica del cromo hexavalente, así mismo respaldan que los compuestos de cromo trivalente no son activos en inducir mutaciones (27).

Uno de los posibles mecanismos de genotoxicidad del cromo hexavalente sostiene que los niveles celulares de cromo hexavalente sobrepasan la capacidad de reducción del citoplasma, entonces este migra directamente al núcleo y puede ser reducido *in situ* sin modificaciones citoplasmáticas, llevando a una producción de radicales de oxígeno y sulfuro muy cerca del DNA (27).

El cromo hexavalente puede disminuir la replicación y fidelidad de la DNA polimerasa, fijándose directamente a los grupos tioles a lo largo de la enzima produciendo un daño oxidativo que la llevan a una inhibición. También puede alterar directamente la síntesis de DNA, ya que puede disminuir los niveles de nucleótidos en el interior de la célula, por alteración de los receptores de membrana involucrados en la captación de nucleótidos (nucleótidos permeasas) o su captación por difusión facilitada, llevando a un imbalance de nucleótidos (9,27).

El cromo hexavalente es inductor de alteración de cromátides hermanas, aberraciones cromosómicas, formación de sitios alcalisensibles y reacciones cruzadas dentro de la cadena de DNA. Las alteraciones cromosómicas reportadas con más frecuencia son la ruptura de las cromátides, la presencia de isocromátides y el intercambio de cromátides (27).

### Efectos cancerígenos

Los riesgos potenciales del cromo VI en la actividad industrial han sido ampliamente documentados. De acuerdo a las investigaciones de la IARC (Agencia Internacional Para la Investigación sobre el cáncer), el cromo VI y sus compuestos se clasifican dentro del grupo I

(carcinógenos confirmados en humanos) (7). Hasta el momento, la evidencia científica indica que el cromo VI es probablemente mucho más tóxico por inhalación que por ingestión (19). Se han confirmado como cancerígenos pulmonares el cromato de calcio y el cromato de estroncio y como muy sospechosos el cromato de plomo, los dicromatos alcalinos y el ácido crómico (7,28,29).

Parece ser que el mecanismo de muerte celular inducida por el cromo hexavalente en donde la célula muere por daño en el núcleo, se observa fragmentación y marginación de la cromatina, condensación citoplasmática con conservación de la membrana celular y los organelos citoplasmáticos, incluye daño en la síntesis del DNA y cambios en los ciclos celulares, mecanismo que parece estar relacionado con los cambios carcinogénicos, la perforación del septum nasal y la presencia de pólipos (30).

Generalmente se cree que el cáncer de pulmón aparece después de 15 a 20 años de exposición ocupacional a los cromatos. Los tumores se originan con frecuencia en la periferia del árbol bronquial y la mayoría corresponde histológicamente a carcinomas anaplásicos de células pequeñas (30).

En Francia, Alemania, Italia, Japón, Noruega, EE.UU y el Reino Unido, se ha descrito un aumento de la incidencia de Cáncer de pulmón en trabajadores expuestos a los compuestos de Cr VI, tanto en estudios de cohortes como en informes de caso. Sobre el contenido de cromo en pulmones se han informado niveles de 0.26 a 0.85mg por cien gramos de tejido. Se han encontrado mayor riesgo de cáncer en trabajadores con mas de tres años de estar en contacto con el metal y mayor tasa de mortalidad principalmente por cáncer que en la población no expuesta (31).

## Conclusión

Los metales pueden afectar y en determinadas circunstancias diversos componentes del medio ambiente, como el aire, el agua, los suelos, la fauna, la flora y el hombre, dadas sus características toxicológicas de alta persistencia en el ambiente, bajos índices de detoxificación en los seres vivos y alta capacidad de complejación con moléculas orgánicas, como los aminoácidos que implican alteraciones en la síntesis de proteínas y en los ácidos nucleicos, lo que les otorga un alto potencial genotóxico (3,4,32,33).

Especificamente en Colombia, (SGRA), ha clasificado como actividades de alto riesgo para la salud del trabajador aquellas que incluyan trabajos en minería subterránea y socavones, trabajos que impliquen exposición a temperaturas extremas, ocupaciones con exposición a radiaciones ionizantes y actividades laborales que impliquen exposición a sustancias comprobadamente cancerígenas para el hombre (34). Por las anteriores consideraciones los trabajos que incluyan en sus procesos exposición a compuestos de cromo hexavalente, deben ser adecuadamente monitoreados y controlados por parte de las autoridades de salud y especialmente aquellas que tienen que ver con la salud ocupacional, por tratarse estos compuestos de agentes comprobadamente cancerígenos para el hombre.

Es un deber de los académicos e investigadores del área de la salud y de las universidades como institución profundizar en estos aspectos de la toxicología y facilitar a las autoridades y entidades interesadas, los conocimientos necesarios, que les permitan proponer y desarrollar programas de prevención, control y seguimiento y adoptar medidas de medicina ocupacional e higiene industrial, que mejoren las condiciones de salud del trabajador en nuestro país.

## Referencias

1. Klaessen C. Watkins J. "Historia y alcance de la Toxicología". En: Manual de Toxicología la ciencia básica de los tóxicos. Pgs 3-10. Ed. McGraw-Hill Interamericana. México. Quinta edición. 2001
2. Fundacentro. Ministerio de Trabalho. "As doenças dos trabalhadores". Traducão brasileira do "De morbis artificum diatriba" de Bernardino Ramazzini. Segunda edicao. Río de Janiero. Brasil.
3. Repetto R, Repetto G. "Metales". En: Manual de Toxicología Básica. Ed. E. Mencías R., L.M. Mayero F. Pgs 619-646. Editorial Díaz de Santos, Madrid, España. 2000
4. Téllez J, Gutiérrez M, Patiño N. "Memorias del curso taller aspectos toxicologicos de plaguicidas y metales pesados". Departamento de Toxicología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Julio de 2003,
5. Grimalt F. "Dermatitis de contacto". Barcelona, Fontalba. 1980
6. Guzmán Ramos A, Fernández G. "Cromo, medio ambiente y salud humana: comentarios sobre la situación en las Toscas (Santa Fe, Argentina)". Centro de Investigaciones ecogeográficas y ambientales, UNCP-BA, Tandil, Argentina.
7. Boffetta P. "Carcinogenity of trace elements with reference to evaluation made by international agency for research on cancer. Scandinavian Journal Working Environmental Health. Vol. 19, supl. 1. Pgs 67-70. 1993
8. ACGHI. American Conference Gubernmental Hygients Industrials. "TLVs and BEIs". Cincinnati. E.U. 2002
9. Alexander J. "Toxicity versus essentiality of chromium". Scandinavian Journal Working Environmental Health. Vol. 19, supl. 1. Pgs 126-127. 1993
10. Jimenez AC, Cortés C E. "Cromo y sus compuestos". En: "Enfermedades Profesionales: protocolos para su diagnóstico". Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Sociedad Colombiana de Medicina del Trabajo. Bogotá, Colombia. 1998
11. Velásquez M I. "Análisis de competitividad industrial 1999". Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. Bogotá. 1999
12. Diario El Tiempo. "San Benito con el agua hasta el cuello". Periódico El Tiempo, miércoles 16 de mayo de 1996.
13. Diario El Tiempo. "En busca de industrias limpias". Periódico El Tiempo, 6 de septiembre de 1996.
14. Diario El Tiempo. "Curtiembres la mayor contaminación". Periódico El Tiempo, 24 de enero de 1998
15. Gil Tocados G, Manrique Plaza A, Fernández JM.

- "Introducción a la dermatitis de contacto en la construcción" Historia del cromo. Facultad de Medicina. Universidad de Cádiz. España. 2002
- 16- **Quintero C.A., Delgado.** "Caracterización química y mineralógica de las cromitas de la zona de Bello y san Pedro (departamento de Antioquia)". Revista Colombiana de Química. Vol. 27, No. 1 de 1998 Bogotá, Colombia.
17. Departamento Nacional de Planeación – Fundación Corona. "Microempresa y competitividad, cuero". CEINNOVA 5. Centro de innovación y servicios para la industria del calzado. Impresión Panamericana. Bogotá. 1998
18. Quimipiel. "Manual técnico para la ingeniería del cuero". Editorial Igratal Itda. Primera edición. Bogotá.
19. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. "Guía para el control de factores de riesgo ocupacional, sector informal del cuero". Documento Oficial, Bogotá, Colombia. 1996
20. **Raigoso Rubio A.** "Los curtiembres se sintonizan con el medio ambiente". Diario La República, sección de economía, miércoles 9 de Abril de 2003. Bogotá, Colombia.
21. Diario El Tiempo. "Regional de la CAR le pone ambiente a la sabana". Periódico El Tiempo, 5 de julio de 1997
22. ONUDI. "Estudio de asistencia a la zona industrial de curtiembres de San Benito". Bogotá. 1994
23. **Flaherty E.** "Chromium as an essential and toxic metals". Scandinavian Journal Working Environmental Health. Vol. 19, supl. 1. Pgs 124-125. 1993
24. **Gil Tocados G., Manrique Plaza A, Fernández JM.** "Dermatitis de contacto por cemento. Toxicocinetica del cromo. Fuentes de exposición" Facultad de Medicina. Universidad de Cadiz. España. 2003
25. **Montanaro A.** "Occupational asthma associated with low molecular weight antigens". Inmunology and allergy clinics of North American, 12 (4): 779-791, 1992.
26. **Lafuente Gimenez MA.** "Neuroinmunotoxicología de metales pesados: posibles marcadores de exposición". Revista de Toxicología, vol. 18 (3): 139-140. Madrid, España. 2001.
27. **Rom W.** "Environmental and occupational medicine". Boston little, Brown and company. Pgs 799-805. 1985
28. [www.envirox.ucdavis.edu/CEHS.htm](http://www.envirox.ucdavis.edu/CEHS.htm). "Estudio en Empresa Curtiarsa Curtiembre Argentina S.A.I y C.
29. Organización Internacional del Trabajo. "Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Vol 1 (A-E). Pgs 752-758. Barcelona, España. 1989
30. **Blankenship L.** "Apoptosis is tha mode of cell death cause by carcinogenic chromium". Toxicology and applied pharmacology, 126 (75) pgs 75-83, 1994.
31. **Langard S.** "Rol of chemical species and exposure characteristics in cancer among persons occupationally exposed to chromium compounds". Scandinavian Journal Working Environmental Health. Vol. 19, supl. 1. Pgs 81-89. 1993
32. **Domingo J.** "Metal – induced developmental toxicity in mammals: a review". Journal of Toxicology and environmental Health, 42: 123-141, 1994
33. **Repetto M.** "Metales Pesados". En: "Toxicología avanzada", Repetto Manuel. Editorial Díaz de Santos. Madrid España. 1995.
34. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. "Decreto 1295 de 1994. Sistema General de Riesgos Profesionales". Bogotá, Colombia.