



INTERNATIONAL UNION OF LEATHER
TECHNOLOGISTS AND CHEMISTS SOCIETIES

Cr

Cromo · 24

CROMO VI

ACTUALIZACIÓN

International Union of Leather
Technologists and Chemists Societies

secretary@iultcs.org

1 de octubre de 2026

Aviso legal

Esta actualización sobre el Cromo (VI) ha sido preparada por la International Union of Leather Technologists and Chemists Societies (IULTCS) para proporcionar la información técnica más precisa y actualizada disponible en el momento de la presentación. Aunque se ha hecho todo lo posible por garantizar la fiabilidad y la validez científica del contenido, la IULTCS no ofrece ninguna declaración ni garantía respecto a su integridad o exactitud.

La IULTCS, sus miembros y colaboradores no asumen responsabilidad alguna por errores, omisiones o consecuencias derivadas del uso, la interpretación o la aplicación de la información presentada. Se recomienda a los usuarios verificar los datos de forma independiente y ejercer su criterio profesional al aplicar el material a situaciones específicas.

Introducción

El cromo se obtiene a partir de un mineral natural llamado **cromita** FeCr_2O_4 (simplificado)

A partir de la cromita se fabrican los siguientes productos de cromo:

> 90% Acero inoxidable y aleaciones

< 10% Productos químicos de cromo

2–3% Producción de cuero

2–3% Otros usos



Mineral de cromita · Google

Estados de Oxidación del Cromo

Cr(III)

TRIVALENTE



Oligoelemento esencial
Baja toxicidad

RIESGO BAJO

Cr(VI)

HEXAVALENTE



Sensibilizante · Tóxico · Cancerígeno (por inhalación)
Muy móvil (amarillo/naranja)

RIESGO ALTO

Comprender los parámetros que rigen la oxidación del Cr(III) es esencial para el control del proceso y la estabilidad del producto en la fabricación de cuero.

El Cr(VI) Puede Reducirse a Cr(III)



Ion bicromato – Cr(VI)*

Ion cromo – Cr(III)

Condiciones de la reacción:

El Cr(VI) es un fuerte agente oxidante

La reducción requiere protones (H^+) y un agente reductor

La reacción se ve muy favorecida en condiciones ácidas — el Cr(III) permanece soluble

*Bicromato es el nombre histórico del ion dicromato; dicromato es el término preferido según la nomenclatura actual de la IUPAC.

Producción de Sulfato Básico de Cromo

Método A

Reducción del bicromato de sodio con ácido y dióxido de azufre



Bicromato de sodio – Cr(VI)

Sulfato básico de cromo – Cr(III)



Cr(VI)
solución



Cr(III) básico
sulfato de cromo

Método de fabricación más común.
Produce una composición muy bien
definida.

Se comercializa como producto en
polvo.

Producción de Sulfato Básico de Cromo

Método B

Reducción del bicromato de sodio con compuestos orgánicos, por ejemplo, ácidos y azúcares



Bicromato de sodio – Cr(VI)

Sulfato básico de cromo – Cr(III)

Esta reacción también produce ácidos orgánicos que actúan como agentes complejantes del cromo, aumentando la estabilidad del complejo.

La composición total puede variar según las condiciones de la reacción y el tipo de azúcar (glucosa, sacarosa, melaza, etc.).

Se comercializa principalmente como solución líquida concentrada.

El Cr(III) Puede Oxidarse a Cr(VI)

⚠ Nota: las reacciones de oxidación y reducción son reversibles

La reacción en el cuero requiere determinadas condiciones, pero no todas son necesarias para la oxidación.

Agentes oxidantes fuertes	Oxígeno, peróxidos, ozono
Temperatura elevada	Acelera la conversión Cr(III) → Cr(VI)
pH elevado	Las condiciones alcalinas favorecen fuertemente la oxidación
Luz UV	Vía de oxidación fotoquímica
Baja humedad	Condiciones de envejecimiento por calor seco

Condiciones que Previenen la Oxidación del Cr(III) en el Cuero

Óptimo
pH

3–4

Parámetro crítico de control

Factores protectores adicionales:

Antioxidantes: ascorbato, sulfito, fenólicos, vitamina E, tioéteres, etc.

Humedad controlada

Evitar temperaturas elevadas

Protección UV

Engrase adecuado del cuero — minimizar los ácidos grasos insaturados, usar engrasantes estabilizados con antioxidantes

En el Cuero, el Cromo Existe en Dos Formas

A Cromo ligado

ESTABLE

- Complejado con el colágeno
- Insoluble
- No se oxida fácilmente
- Protegido dentro de la matriz fibrosa

RIESGO BAJO

B Cromo soluble

REACTIVO — ¿AUMENTA EL RIESGO DE CR(VI)?

- No totalmente fijado
- Existe como complejos de Cr(III) (algunos más estables y/o no reactivos)
- Móvil y expuesto
- ¿Más susceptible a la oxidación?

VIGILAR

Prácticas Clave de Cumplimiento

Cinco controles sustentan cada etapa de la prevención y verificación del Cr(VI).

1**Pruebas rutinarias**

ISO 17075-1,2:2017 · ISO 10195:2018 · ISO 19071:2016 · ISO 4048:2018

2**Certificación y trazabilidad de proveedores**

Insumos químicos verificados y documentados en toda la cadena de suministro

3**Monitoreo de grasas, pH y potencial oxidativo**

Control continuo de los principales factores de formación de Cr(VI)

4**Documentación y auditorías periódicas**

Registros mantenidos y revisados de forma independiente en ciclos regulares

5**Cumplimiento estricto de la ZDHC MRSL**

Productos químicos seleccionados para cumplir los requisitos sobre sustancias restringidas

Ribera y Curtido

1 Procesos de ribera

- Usar únicamente agentes desengrasantes acuosos para un desengrase eficaz
- Evitar productos químicos halogenados
- Lavado adecuado tras el encalado y desencalado para eliminar sales y reducir la alcalinidad

2 Curtido — Fase wet blue

- Usar agentes curtientes de cromo sin Cr(VI) detectable — probados según ISO 19071:2016
- Mantener un control de inventario y condiciones de almacenamiento rigurosos
- Evitar o controlar estrictamente los agentes oxidantes — neutralizar el oxidante antes de añadir el cromo
- Mantener el contenido de grasa natural del wet blue bovino por debajo del 3%
- Aplicar un lavado final para eliminar el cromo no fijado
- Dar al wet blue tiempo suficiente para “estabilizarse” antes de seguir procesando (días)

Recurtido, Wet-End y Engrase

3 Recurtido / Wet-end / Acabado

- Seleccionar agentes recurtiendo que mejoren la fijación y la estabilidad del cromo
- No usar agentes oxidantes después del curtido — vigilar el potencial oxidativo
- Usar antioxidantes durante el recurtido (por ej., taninos vegetales hidrolizables, preferiblemente tara)
- Asegurarse de que colorantes, pigmentos y auxiliares no contengan Cr(VI) (ZDHC MRSL)
- Mantener controles adecuados de limpieza, almacenamiento y calidad del agua

4 Engrasantes, aceites y ceras

- Idealmente usar engrases sin potencial de oxidación (índice de yodo cercano a cero)
- Usar engrasantes y ceras formulados con antioxidantes para prevenir la oxidación
- Garantizar un almacenamiento adecuado del cuero — controlar el calor y la luz UV
- Confirmar que los aceites y ceras de acabado no contribuyen a la formación de Cr(VI)

Procesamiento Final y Control del pH

5 Controles del procesamiento final

- Realizar un lavado final tras el recurtido/fijación para eliminar el cromo y las sales no fijadas
- Ajustar el agua de lavado a pH bajo si es necesario
- Evitar la irradiación UV (natural o artificial) durante el secado para reducir el riesgo de oxidación

6 Control del pH — Factor crítico

Mantener condiciones ácidas durante todo el curtido y recurtido / teñido / engrase.

< 4.0

Fijación final
pH del baño

< 4.5

Cuero acabado
(sección transversal
completa)

Realizar auditorías periódicas y mantener la documentación en todas las etapas del procesamiento.

Importancia del Límite de Cr(VI) en el Cuero

ECHA
LÍMITE
REGULATORIO

3

mg/kg

Fuente: ECHA [1]

Un sensibilizante cutáneo

El cromo hexavalente puede desencadenar reacciones alérgicas cutáneas al contacto. Por eso los límites en el cuero acabado están estrictamente regulados.

EVOLUCIÓN REGULATORIA

2014

La ECHA impone un límite de 3 mg/kg de Cr(VI) en el cuero en la Unión Europea

Futuro

La revisión científica en curso ayudará a garantizar que el límite siga basado en la evidencia

Determinación de Cr(VI) en el Cuero

ISO 17075-1 (Colorimétrico) vs. ISO 17075-2 (Cromatográfico — Método de referencia)

Método	ISO 17075-1 Colorimétrico	ISO 17075-2 Cromatográfico — Método de referencia
Finalidad	Determinación de Cr(VI) por colorimetría usando el reactivo DPC.	Método cromatográfico (IC aniónica/HPLC) con detección y confirmación por UV/PDA.
Principio de detección	El Cr(VI) oxida la 1,5-difenilcarbazona (DPC) a difenilcarbazona, formando un complejo rojo-violeta medible a 540 nm.	Ion cromato separado por IC. Cuantificado mediante: medición directa a 372 nm, o reacción post-columna con DPC a 540 nm.
Interferencia / Sensibilidad	Alta — sujeta a efectos de matriz.	Muy baja — método preferido.

Determinación de Cr(VI) en el Cuero

Estado, sensibilidad y extracción de la muestra

Método	ISO 17075-1 Colorimétrico	ISO 17075-2 Cromatográfico — Método de referencia
Estado	Aceptado, pero no es la referencia — si se ejecutan ambos, prevalecen los resultados del método 2.	Método de referencia según la norma.
Límite de cuantificación	3 mg/kg (igual que en la Parte 2).	3 mg/kg.
Solución de extracción *	Tampón fosfato a pH 7–8 (igual que en la Parte 2).	Extracción idéntica a la Parte 1; los métodos difieren únicamente en la etapa analítica.

* ¿Por qué pH 7–8? El equilibrio Cr(III)/Cr(VI) depende en gran medida del pH. Las condiciones alcalinas pueden favorecer la oxidación del Cr(III); un pH más bajo puede favorecer la reducción del Cr(VI). Mantener la extracción a pH 7–8 representa el compromiso más conservador y técnicamente adecuado para minimizar los artefactos redox durante el análisis.

¿Existe una Correlación entre el Cr(III) Soluble y el Cr(VI)?

NO

Con base en los siguientes estudios revisados por pares:

Cannot et al. (2017) [3]

Moretto (2015) [4]

Meyndt and Germann [5]

Anderie and Schulte [6]

La literatura científica actual no respalda ninguna correlación entre la cantidad de Cr(III) soluble en el cuero y la presencia o formación de Cr(VI).

Cr(III) Soluble y Cr(VI): Por Qué la Antigua Correlación Ya No Es Válida

Escenario A — Cromo tradicional (SO_4 únicamente)

- Procesamiento correcto → bajo Cr(III) soluble en el cuero
- Un Cr(III) soluble elevado indica un control de proceso deficiente
- Un control deficiente se propaga: engrasantes inadecuados, condiciones oxidativas, pH incorrecto
- Estas fallas posteriores impulsan de forma independiente la formación de Cr(VI)

Conclusión: *el cromo soluble era un indicador indirecto de la calidad de la curtiembre — no una causa del Cr(VI)*

Escenario B — Cromo moderno (complejado, baño corto/cero)

- Diseñado para el máximo agotamiento del cromo → Cr(III) extraíble más elevado por diseño
- Los curtidores competentes que utilizan estos procesos mostrarán un Cr(III) soluble elevado
- Esto NO indica un riesgo elevado de Cr(VI) cuando se siguen las buenas prácticas
- Los procesos son más sensibles — requieren un control experto

Conclusión: *en este caso, un Cr(III) soluble elevado es un resultado químico, no una falla de calidad*

Lo Que Establece la Ciencia — Y Qué Significa para los Límites de Cr(III) Soluble

X

No existe evidencia científica de que una mayor concentración de Cr(III) soluble en el cuero aumente la probabilidad de formación de Cr(VI). (Cannot [3]; Moretto [4]; Meyndt and Germann [5]; Anderie y Schulte [6])

✓

Un Cr(III) soluble constante dentro de un rango definido **Sí es un indicador útil del control de proceso lote a lote** y confirma un bajo riesgo de Cr(VI) — como señal de calidad, no como predictor de Cr(VI).

?

El umbral seguro para el Cr(III) soluble en el cuero sigue siendo **indeterminado**. No existen datos sobre si el tipo de cromo (fresco / reciclado / complejado orgánicamente) afecta a la formación de Cr(VI).

!

Los procesos de curtido modernos (cromo enmascarado, **baño** cero, alto agotamiento) producen, por su propia naturaleza, un Cr(III) extraíble más elevado. Aplicar un antiguo umbral del tipo "bajo soluble = seguro" **penaliza procesos modernos técnicamente correctos. Los límites basados en correlación ya no son científicamente válidos.**

Referencias Técnicas y Regulatorias

1**DINAMARCA — Restriction on Chromium (VI) in Leather (2016) [7]**

El Cr(VI) es involuntario y se forma por la oxidación del Cr(III) en el cuero. Evitable finalizando los procesos húmedos a pH bajo, usando antioxidantes y evitando el uso de amoníaco antes del secado.

2**INDITEX — Protocol of Good Manufacturing Processes for Cr(VI)-free Leather 2025 [8]**

Destaca: alcanzar un pH final del cuero de 3.2–4.0, usar antioxidantes y garantizar un procesamiento wet-end adecuado.

3**TÜV SÜD — White Paper on Minimizing Cr(VI) in Leather (2019) [9]**

Explica cómo se forma el Cr(VI) en el cuero y destaca: un curtido adecuado, un control correcto del pH y la prevención de la oxidación durante el envejecimiento.

Pruebas de Envejecimiento del Cuero

Objetivo: evaluar la resistencia del cuero a la conversión oxidativa $\text{Cr(III)} \rightarrow \text{Cr(VI)}$ bajo estrés térmico controlado.

1 ISO 10195 [10]

Método	Condiciones	Uso típico
A1	24 h @ 60 °C, HR < 20%	Cueros generales (prendas de vestir, guantes, artículos de cuero)
A2	24 h @ 80 °C, HR < 10%	Cueros de uso crítico (calzado, automoción y tapicería)

Pruebas no-ISO

2 No-ISO

Muchos laboratorios acreditados (Eurofins BLC, TÜV SÜD, etc.) utilizan el envejecimiento por UV o por calor como segunda prueba de estrés para simular los factores de oxidación del mundo real.

Condiciones típicas

- Exposición a UV durante un periodo definido
- Envejecimiento por calor seco (similar a la ISO 10195, pero a veces con parámetros diferentes)

Las pruebas determinan el riesgo de formación de Cr(VI) durante:

- Almacenamiento y transporte
- Exposición a la luz solar
- Etapas de fabricación a alta temperatura

Lo Que Establecen los Datos Científicos Hasta la Fecha (1)



Se sabe que determinados factores y parámetros reducen o previenen la formación de Cr(VI) en el cuero y son más eficaces para evitar su formación en el crust y en el cuero acabado. Los cueros pueden diseñarse con una propiedad antioxidante.



No existe evidencia científica de que una mayor concentración de Cr(III) soluble en el cuero aumente la probabilidad de formación de Cr(VI).



El umbral seguro para los niveles de Cr(III) soluble en el cuero sigue siendo desconocido, y no existen datos sobre si el tipo de cromo (fresco, reciclado o complejado orgánicamente) afecta a la formación de Cr(VI).

Lo Que Establecen los Datos Científicos Hasta la Fecha (2)



Mantener una concentración constante de Cr(III) soluble dentro de un rango específico sirve como un buen indicador del control de proceso y confirma el bajo riesgo de formación de Cr(VI) lote a lote.



Aunque protocolos de envejecimiento como la ISO 10195 y las pruebas especializadas de exposición a UV-calor pueden reproducir varios de los factores ambientales conocidos por favorecer la formación de Cr(VI), estos métodos no logran captar plenamente la complejidad y la variabilidad de las condiciones industriales reales.



Un cuero que se comporta satisfactoriamente en pruebas de envejecimiento controladas en laboratorio puede, aun así, presentar formación de Cr(VI) durante la fabricación del artículo de cuero (por ejemplo, en una fábrica de calzado), en el uso real o en el servicio a largo plazo.

Bibliografía

1. ECHA, Official Journal of the European Union, Commission Regulation (EU) No 301/2014 of 25 March 2014
2. ISO 17075-1,2. Leather — Chemical determination of chromium(VI) content in leather (ISO 17075:2017), 2017
3. Cannot, J.C., et al. Study of the variation of chromium (VI) content inside leathers used in footwear, CADS Seminar in Koln, 2017
4. Moretto, A., Hexavalent and trivalent chromium in leather: What should be done?, Reg. Toxicol. Pharmacol. 73:681-686, 2015
5. Meyndt, V.R. and Germann, H.P.; Zusammenhänge der Chrom (VI)-Bildung (Teil 1); Pro-Leder, 4, 12-18, 2011
6. Anderie, V.I. and Schulte, K.; Zusammenhänge der Chrom (VI)-Bildung (Teil 2); Pro-Leder, 5, 16-20, 2011
7. Restriction on Chromium (VI) in Leather, Lars Fock, Ministry of Environment and Food of Denmark, Chemical Division, Denmark, June 2016
8. Protocol of Good Manufacturing Processes for the Production of Chromium (VI)-free Leather, INDITEX, A Coruña, Spain, 2025
9. Minimising Chromium (VI) in leather products, white paper, TÜV SÜD AG, Munich, Germany, 2019
10. ISO 10195. Leather — Thermal pre-ageing of leather and determination of hexavalent chromium (ISO 10195:2018), 2018

Colaboradores Científicos

1. Dott.ssa Tiziana Gambicorti, Gruppo Biokimica e IULTCS, Italia
2. Dott. Biagio Naviglio, ex-SSIP, Italia
3. Dr. Joaquim Font, Universidad de Lleida, España
4. Dr. Martin Kleban, VDL, Alemania
5. Instituto FILK Freiberg, Freiberg, Alemania
6. Dr. Ivo Reetz, Pulcra Chemicals, Alemania
7. Dr. Luis Zugno, IULTCS, EE. UU. (Editor)

IULTCS agradece a la Dra. Patricia Casey por la traducción al español.



INTERNATIONAL UNION OF LEATHER
TECHNOLOGISTS AND CHEMISTS SOCIETIES

Cr

Cromo · 24

Gracias

International Union of Leather
Technologists and Chemists Societies

secretary@iultcs.org

1 de octubre de 2026