

Recomendaciones para el estudio de exposición de la salud

Para el sitio con cromo de Garfield Avenue
Jersey City, Nueva Jersey

Preparado en conformidad con la Sección XVI, Párrafo 49 (g),
de la Sentencia de Consentimiento Parcial Referente a los
Sitios de PPG
(Demanda Civil No. HUD-C-77-05)

PREPARADO POR:

W. MICHAEL MCCABE
ADMINISTRADOR DEL SITIO
Y

CIARA O'CONNELL
ASISTENTE DE INVESTIGACIÓN DEL
ADMINISTRADOR DEL SITIO

MAYO 2010

Chromium Cleanup
Partnership

DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE NJ
CIUDAD DE JERSEY CITY
PPG INDUSTRIES
ADMINISTRADOR DEL SITIO ASIGNADO POR ORDEN JUDICIAL

ÍNDICE

I.	<u>ANTECEDENTES</u>	1
II.	<u>ALCANCE Y MÉTODOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN DEL ESTUDIO DE EXPOSICIÓN DE LA SALUD</u>	4
III.	<u>ESTABLECER EL CONTEXTO DE LOS ESTUDIOS DE SALUD</u>	5
IV.	<u>PROGRAMA RECOMENDADO DE PREVENCIÓN Y PRUEBAS DE EXPOSICIÓN DE LA SALUD PARA LA COMUNIDAD</u>	10
A.	<u>PROGRAMA DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE</u>	10
B.	<u>PROGRAMA DE PRUEBAS DE EXPOSICIÓN DE LA SALUD DE LA COMUNIDAD</u>	11
C.	<u>PROYECTO DE MAPEO DE LOS RESULTADOS DEL PROGRAMA DE INSPECCIÓN RESIDENCIAL Y PROMOCIÓN DEL ESTUDIO DE EOHSI SOBRE EL POLVO</u>	12
1.	<u>Proyecto de mapeo de los resultados del programa de inspección residencial</u>	12
2.	<u>Promoción del estudio de EOHSI sobre el polvo</u>	13
V.	<u>CRITERIOS CONSIDERADOS PARA EL ESTUDIO DE LA EXPOSICIÓN POTENCIAL DE LA SALUD</u>	13
VI.	<u>CONCLUSIONES</u>	15
I.	<u>INTRODUCCIÓN</u>	16
A.	<u>VISIÓN GENERAL</u>	16
B.	<u>ALCANCE DE LA EVALUACIÓN DEL ESTUDIO DE EXPOSICIÓN DE LA SALUD</u> ..	17
C.	<u>MÉTODOS</u>	18
II.	<u>ACUERDO JCO: REQUISITOS DEL ESTUDIO DE EXPOSICIÓN DE LA SALUD</u>	18
III.	<u>EFFECTOS SOBRE LA SALUD ASOCIADOS CON LA EXPOSICIÓN AL CROMO HEXAVALENTE</u>	19
A.	<u>EFFECTOS NO CANCERÍGENOS</u>	19
B.	<u>CÁNCER</u>	20

C.	<u>EFFECTOS EN LOS NIÑOS</u>	21
IV.	<u>ESTUDIOS REVISADOS Y RESULTADOS</u>	22
A.	<u>ESTUDIOS ESPECÍFICOS PARA EL CONDADO DE HUDSON, NUEVA JERSEY</u>	22
1.	<u>Estudios de salud en la década de 1990</u>	22
2.	<u>Estudios sobre el polvo doméstico (2006-2009)</u>	27
3.	<u>Estudio de incidencia de cáncer de pulmón (2008)</u>	28
4.	<u>Estudio de incidencia de cáncer gastrointestinal</u>	29
B.	<u>ESTUDIOS DE SALUD FUERA DE NUEVA JERSEY</u>	30
1.	<u>Estudios de exposición de la comunidad - California</u>	30
2.	<u>Estudios de exposición de la comunidad - Fuera de los EE.UU.</u>	34
3.	<u>Estudios de exposición ocupacional</u>	35
C.	<u>BIOMARCADORES Y PRUEBAS DE DETECCIÓN</u>	38
1.	<u>Biomarcadores de exposición</u>	39
2.	<u>Biomarcadores de efecto</u>	41
3.	<u>Biomarcadores de susceptibilidad</u>	45
V.	<u>EXPERTOS CONSULTADOS</u>	45
VI.	<u>ESTABLECER EL CONTEXTO DE LOS ESTUDIOS DE SALUD</u>	46
A.	<u>EXPOSICIÓN PASADA</u>	46
B.	<u>EXPOSICIÓN ACTUAL</u>	50
C.	<u>EXPOSICIÓN FUTURA</u>	51
VII.	<u>PROGRAMA RECOMENDADO DE PREVENCIÓN Y PRUEBAS DE EXPOSICIÓN DE LA SALUD PARA LA COMUNIDAD</u>	52
A.	<u>PROGRAMA DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE</u>	52
1.	<u>Límite de concentración basado en el riesgo para Cr(VI)</u>	53
2.	<u>Niveles de acción y Sistema de alerta temprana</u>	54

3.	Control en el sitio y perímetro	55
B.	PROGRAMA DE PRUEBAS DE EXPOSICIÓN DE LA SALUD DE LA COMUNIDAD	59
1.	Análisis de sangre	59
2.	Examen médico	61
3.	Gestión de datos, Aseguramiento y Control de la Calidad (QA/QC) y Administración	62
C.	PROYECTO DE MAPEO DE LOS RESULTADOS DEL PROGRAMA DE INSPECCIÓN RESIDENCIAL Y PROMOCIÓN DEL ESTUDIO DE EOHSI SOBRE EL POLVO	63
1.	Proyecto de mapeo de los resultados del programa de inspección residencial	63
2.	Promoción del estudio de EOHSI sobre el polvo	63
VIII.	CRITERIOS CONSIDERADOS PARA EL ESTUDIO DE LA EXPOSICIÓN POTENCIAL DE LA SALUD	64
IX.	CONCLUSIONES	66

APÉNDICES

Apéndice A: Estudios de salud relacionados con el Cr(VI) específicos para Nueva Jersey

Apéndice B: Otros estudios de salud relacionados con el Cr(VI)

Apéndice C: Expertos en salud y ciencia consultados

EXENCIÓN DE RESPONSABILIDAD

NOTA: Los autores de este informe no pretenden ser expertos en el campo de la exposición humana al cromo o a los residuos de cromo o sus derivados. Este informe se preparó de conformidad con el párrafo 49 de la Sentencia de Consentimiento Parcial referente a los Sitios de PPG con fecha del 26 de junio de 2009, en la que se autorizó al Administrador del Sitio recomendar un estudio de exposición de la salud, cuando fuera necesario. Las recomendaciones preliminares formuladas en el presente informe no deben interpretarse como asesoramiento médico o una evaluación de los riesgos de exposición. Las recomendaciones propuestas en el presente informe son las del Administrador del Sitio y no son necesariamente las de las partes en el Acuerdo o de los expertos consultados para este informe.

AUTORES DE LA EVALUACIÓN

W. Michael McCabe fue coautor y director de la revisión y evaluación de los antecedentes, sin embargo, las recomendaciones son responsabilidad exclusiva del Sr. McCabe. McCabe es el Administrador independiente del sitio, asignado por orden judicial, para la limpieza de 20 vertederos de residuos de cromo de PPG en el Condado de Hudson, Nueva Jersey. McCabe también es el director de McCabe & Associates - una firma consultora privada que aborda políticas, proyectos y oportunidades energéticas y ambientales, a nivel comunitario, estatal y federal. Él aporta 35 años de experiencia en la dirección de políticas energéticas y ambientales al puesto, incluyendo un periodo como ex Administrador Adjunto de la USEPA y Administrador Regional para la Región del Atlántico Medio de la EPA durante la administración del Presidente Clinton. Antes de unirse a la EPA, McCabe fue director de comunicaciones y proyectos para el entonces senador Joe Biden, representando a Biden en todo el estado de Delaware. Antes de trabajar con Biden, McCabe ocupó posiciones de liderazgo en el comité del Congreso y el personal de miembros especializados en temas ambientales y energéticos.

La coautora Ciara O'Connell es consultora ambiental independiente para McCabe & Associates y ha trabajado desde 1999 en una variedad de cuestiones ambientales entre las que se incluyen: política de estuarios, política y permiso para residuos sólidos, permisos y cumplimiento en materia de aire, recuperación de las zonas industriales abandonadas y permisos para las instalaciones de RCRA Parte B. Entre 1996 y 1998, trabajó como científico del programa ambiental de Environmental Alliance, Inc., donde se especializó en el Título V, permisos para residuos peligrosos y residuos sólidos para instalaciones en Delaware, Pennsylvania, Maryland y Virginia. Antes de eso, la Sra. O'Connell trabajó como analista de programas en el Programa de Prevención de la Contaminación de DNREC. La Sra. O'Connell obtuvo la Maestría en Gestión Ambiental de la Universidad de Yale en 1995.

RECOMENDACIONES DEL ESTUDIO DE SALUD – RESUMEN EJECUTIVO

I. ANTECEDENTES

Convenio de limpieza de cromo

El 26 de junio de 2009, se obtuvo una Sentencia de Consentimiento Parcial con el Tribunal Superior de Nueva Jersey, para obligar al Departamento de Protección Ambiental de Nueva Jersey, PPG Industries, Inc., y la Ciudad de Jersey City a trabajar juntos en el saneamiento de 20 sitios de cromo en el Condado de Hudson que son responsabilidad de PPG. El acuerdo de colaboración especial creado por el acuerdo fue diseñado para "sanear los suelos y las fuentes de contaminación en los sitios con la mayor rapidez posible, con un objetivo de (5) años para su conclusión".¹

Para ayudar a cumplir este objetivo, se estableció el cargo de Administrador de Sitio independiente con responsabilidades de supervisión. Las responsabilidades conferidas a este cargo incluyen desarrollar un programa maestro de 5 años exigible judicialmente, facilitar el progreso de las partes en el cumplimiento de los principales hitos del programa, contratar un consultor técnico independiente, mantener comunicaciones periódicas con los representantes de la comunidad y comunicar las inquietudes de la comunidad a la sociedad. El consultor ambiental y el ex Administrador Adjunto de la USEPA W. Michael McCabe recibieron el nombramiento para este cargo por orden judicial en julio de 2009.

Como parte de los Deberes y Responsabilidades del Administrador del Sitio, se incluyó una disposición en la Sentencia de Consentimiento que le obliga a:

“Revisar los estudios de salud anteriores y en curso sobre los efectos del cromo en la salud en el Condado de Hudson y consultar con expertos en el campo, y de ser necesario, recomendar un protocolo para un estudio médico futuro (estudio de exposición de la salud), para monitorear a las personas que viven en las inmediaciones del sitio de Garfield Avenue para determinar los riesgos de exposición al cromo...”²

Se llevó a cabo una extensa revisión e investigación de la literatura existente sobre estudios de la salud para formar la base de las recomendaciones de este informe.

¹ Sentencia de Consentimiento Parcial referente a los sitios de PPG (Demanda Civil No.: HUD-C-77-05), 26 de junio de 2009, p. 7, X.8

² *Ibidem*, p. 18, XVI. 49 (g)

Alcance y criterios del estudio de exposición de la salud

Las siguientes preguntas sirvieron de base para el alcance y los criterios de qué tipo de estudio sobre la exposición de la salud, en su caso, sería conveniente para los residentes que viven en las inmediaciones del sitio de Garfield Avenue.

1. ¿Serán de ayuda los datos recopilados para detectar un contaminante específico (cromo hexavalente) en la prevención de enfermedades o efectos sobre la salud?
2. ¿Cómo se utilizará la información para: a) proteger la salud de la comunidad, b) abordar las inquietudes de la comunidad y c) tomar las medidas adecuadas?
3. ¿Existen programas o recursos para actuar sobre los hallazgos, si es necesario?
4. ¿Qué seguimiento se producirá y quién es responsable?

Estas preguntas se responden a continuación en el contexto del Programa recomendado de prevención y pruebas de exposición de la salud para la comunidad.

Inquietudes de la comunidad

Jersey City tiene una larga historia de exposición al cromo debido al procesamiento y uso de los residuos de la producción química de cromato (CCPW, por sus siglas en inglés), un subproducto generado a partir de la producción de bicromato de sodio, como material de relleno de construcción. El CCPW contiene cromo hexavalente, Cr(VI), que puede causar cáncer de pulmón en humanos y se ha relacionado con otros efectos en la salud, tales como afecciones respiratorias y dérmicas. Estos efectos sobre la salud por lo general han sido observados y estudiados en poblaciones de trabajadores que han estado expuestos a niveles altos de Cr(VI) durante un largo periodo de tiempo.³ El tipo de exposición ambiental de bajo nivel que puede estar presente en la comunidad de Garfield Avenue y sus posibles efectos sobre la salud han sido objeto de investigación limitada. Es importante destacar que ninguno de los resultados de la investigación ha establecido una clara relación causal entre los efectos sobre la salud y la exposición a los niveles basales de cromo para los residentes que viven cerca de los vertederos de residuos. Donde se ha observado asociaciones, pueden atribuirse a la casualidad o a otros factores, como el tabaquismo, y, por lo tanto, no son definitivas.

De acuerdo con la información desarrollada por el NJDEP, tres plantas de procesamiento de cromita, que operaron durante aproximadamente 70 años, entre 1905 y 1971, generaron más de dos millones de toneladas de residuos que se desecharon en el Condado de Hudson. PPG operaba una de estas plantas en la antigua ubicación de su planta de productos químicos en Garfield Avenue en Jersey City.

³ Perfil Toxicológico del Cromo, ATSDR, Versión para Comentario Público, septiembre de 2008, www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp7.html#bookmark03

Se ha encontrado CCPW en zonas residenciales, comerciales e industriales. Los residuos de cromato de las plantas del Condado de Hudson se utilizaron como relleno en la preparación de los cimientos de edificios, en la construcción de carreteras, el relleno de pantanos, la construcción de alcantarillado y otros proyectos de construcción y desarrollo. Se ha encontrado contaminación por cromato en una variedad de lugares, entre los que se incluyen las paredes y los pisos de los edificios, superficies interiores y exteriores de edificios, superficies de calzadas y estacionamientos y en la superficie y el subsuelo de las áreas no pavimentadas.

A finales de la década de 1980, se identificaron e investigaron más de 200 vertederos de residuos en el Condado de Hudson y desde entonces estos han sido limpiados, tapados o se ha determinado que no representan una amenaza para la salud pública hasta que puedan ser saneados. En Jersey City, se identificaron 145 sitios residenciales e industriales y durante la década de 1990; se limpiaron 50 sitios, que representan casi el 40 por ciento de los mismos.⁴ El resto, que se encuentra en espera de la limpieza, han sido estabilizados a través de medidas provisionales o se encuentran a profundidad suficiente bajo tierra para no provocar la exposición continua de la comunidad.

La mayor parte del saneamiento del sitio se produjo sólo después de que la acción legal ordenara la limpieza a través de Órdenes de Consentimiento Administrativas (ACO, por sus siglas en inglés). La prioridad de limpieza estaba dirigida a los sitios residenciales conocidos, que desde entonces han sido saneados. Sin embargo, el saneamiento de los grandes vertederos de residuos industriales en Jersey City, como el sitio de Garfield Avenue, sólo se ha abordado a través de acciones legales. La limpieza del sitio industrial más grande, un sitio de 34 acres a orillas del Río Hackensack propiedad de Honeywell International, Inc., está casi terminada después de que Interfaith Community Organization (ICO) ganara una demanda judicial en 2003 que exigía el saneamiento urgente.

A pesar de una considerable actividad en la década de 1990 para hacer frente al legado de los residuos de cromo en el Condado de Hudson, existen pocos datos que nos ayuden a caracterizar los niveles basales del cromo en el aire que existían antes de comenzar la limpieza de los sitios o antes de que estos fueran tapados. El muestreo posterior, aunque limitado, muestra niveles de cromo muy inferiores a los considerados un peligro para la salud. Como se describe en más detalle más adelante en este informe, los estudios sobre el polvo doméstico realizados por el Instituto de Ciencias de la Salud Ocupacional y Ambientales (EOHSA, por sus siglas en inglés) muestran que el polvo contaminado con cromo en las viviendas aledañas a los vertederos de residuos se redujo hasta en un 85 por ciento después del saneamiento del sitio.⁵ Estudios más recientes muestran los niveles de polvo en las viviendas aledañas a los vertederos de residuos en

⁴ Estado de los vertederos de residuos químicos de cromato, 1 de mayo de 2009, NJDEP, División de Gestión de Saneamiento y Respuesta

⁵ Freeman, N. et al., *Reducción en el cromo residencial tras el saneamiento del sitio* J. Air & Waste Manage. Assoc. 50:948-953, Junio 2000

Jersey City en niveles comparables a las viviendas de New Brunswick donde no existe un legado de sitios de procesamiento de cromo.⁶

La manera más eficaz de abordar los problemas potenciales asociados con los vertederos de residuos consiste en limpiarlos. Ese es el objetivo del acuerdo judicial y el programa maestro de 5 años. Sin embargo, la ubicuidad de los residuos de cromo en Jersey City y los problemas de salud asociados para la comunidad del sitio de Garfield Avenue abogan por una combinación de acciones vinculadas a las actividades de saneamiento previstas que podrán:

- ✓ Evaluar las condiciones actuales de exposición para medirlas contra las condiciones futuras,
- ✓ Proteger a la comunidad contra una nueva exposición,
- ✓ Mapear las muestras de suelo residencial para determinar los niveles de contaminación por encima del nivel basal, si los hubiere,
- ✓ Compartir información de calidad garantizada con la máxima transparencia,
- ✓ Recopilar información objetiva que pueda clasificar la posibilidad de exposición de los residentes a niveles de cromo peligrosos,
- ✓ Integrar los resultados obtenidos con los datos existentes para proporcionar una evaluación más completa de la exposición de los residentes.

II. ALCANCE Y MÉTODOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN DEL ESTUDIO DE EXPOSICIÓN DE LA SALUD

La evaluación del estudio de exposición de la salud se completó para la comunidad específica de residentes que viven en las inmediaciones del sitio de Garfield Avenue en Jersey City. Como tal, la revisión bibliográfica de la literatura científica se centró inicialmente en estudios anteriores y actuales que investigan la contaminación por cromo (Cr) y cromo hexavalente, y los posibles efectos de salud mediante el Cr (VI) en Jersey City y el Condado de Hudson. La revisión se amplió para incluir estudios de otras comunidades expuestas al Cr(VI) en los Estados Unidos y en el extranjero, así como estudios de los trabajadores con exposición ocupacional al Cr(VI), investigaciones sobre la carcinogénesis del Cr(VI) y fuentes sobre la toxicidad y toxicología del Cr(VI).

Al considerar la conveniencia de un estudio de exposición de la salud y su posible formato, se llevó a cabo una revisión bibliográfica con respecto a biomarcadores, biovigilancia, pruebas de

⁶ NJDEP, Oficina de Ciencias, *Clasificación de las concentraciones de cromo hexavalente en el polvo doméstico de las zonas de referencia*, junio 2009 <http://www.state.nj.us/dep/dsr/chromium/bckgrd-cr.pdf>

detección para variables de salud específicas, opciones y protocolos para el estudio de salud. Se revisaron más de 50 estudios científicos.

Las bases de datos y sitios web federales y estatales sobre el medio ambiente y las agencias de salud (por ejemplo, USEPA, CalEPA, NJDEP, ATSDR) proporcionaron una valiosa fuente de antecedentes y una comprensión de las complejidades científicas, políticas, técnicas y logísticas de los temas relacionados con el cromo.

De conformidad con la Sentencia de Consentimiento, la evaluación incluyó entrevistas con expertos y profesionales locales, regionales y nacionales en las áreas descritas anteriormente con el fin de obtener información adicional sobre la comprensión actual de la forma en que el Cr(VI) se comporta en el medio ambiente, cómo actúa en sujetos humanos y cómo se pueden medir e interpretar las cargas corporales. Se estableció contacto con cerca de 20 personas con experiencia en las siguientes áreas: evaluación de riesgos, toxicología, medicina ambiental y ocupacional, farmacología, carcinogénesis de los metales pesados, detección del cáncer, investigación de biomarcadores, epidemiología ambiental y control biológico.

La información extraída de este estudio y la investigación se utilizó para fundamentar las recomendaciones del Administrador del Sitio en relación con un futuro estudio de salud para los residentes que viven en las inmediaciones del sitio de Garfield Avenue. En los párrafos siguientes se resumen los principales estudios de salud. Un examen más completo de estos y otros estudios se encuentra después del Resumen Ejecutivo.

NOTA: Los autores de este informe no pretenden ser expertos en el campo de la exposición humana al cromo o a los residuos de cromo o sus derivados. Este informe se preparó de conformidad con el párrafo 49 de la Sentencia de Consentimiento Parcial referente a los Sitios de PPG con fecha del 26 de junio de 2009, en la que se autorizó al Administrador del Sitio recomendar un estudio de exposición de la salud, cuando fuera necesario. Las recomendaciones preliminares formuladas en el presente informe no deben interpretarse como asesoramiento médico o una evaluación de los riesgos de exposición. Las recomendaciones propuestas en el presente informe son las del Administrador del Sitio y no son necesariamente las de las partes en el acuerdo o de los expertos consultados para este informe.

III. ESTABLECER EL CONTEXTO DE LOS ESTUDIOS DE SALUD

Estudios en el Condado de Hudson

Durante las últimas dos décadas, la comunidad de Jersey City ha sido el centro de numerosos estudios de salud que analizan la exposición al cromo de los sitios de CCPW y los posibles efectos sobre la salud relacionados. A inicios de 1990, investigadores del NJDEP, el Departamento de Salud de Nueva Jersey (NJDOH, por sus siglas en inglés) y el Instituto de Ciencias de la Salud Ocupacional y Ambientales (EOHHSI, por sus siglas en inglés) comenzaron a colaborar en el primero de una serie de estudios que midieron el cromo en el polvo doméstico de

las viviendas ubicadas cerca de los sitios de CCPW y midieron el cromo en muestras de orina de los residentes de estas viviendas.

Los datos de estos estudios demostraron una correlación entre la proximidad a los sitios de CCPW y el nivel total de cromo en el polvo doméstico.⁷ También demostraron que los niños de las viviendas con altas concentraciones de cromo en el polvo tenían niveles más altos de Cr en su orina.⁸

Un seguimiento a las viviendas aledañas a los sitios de CCPW que habían sido saneados mostró una disminución significativa en la concentración total de Cr en el polvo doméstico, esencialmente por debajo de los niveles basales.⁹ En un ejemplo, las viviendas que anteriormente habían sido identificadas con niveles altos (> 500 ppb) o intermedios (100-400 ppb) de Cr total en el polvo doméstico, mostraron aproximadamente una disminución del 85% en las concentraciones de Cr después del saneamiento.¹⁰

En 2006, debido a la continua preocupación pública sobre la exposición potencial al Cr(VI) proveniente de los sitios restantes de CCPW sin saneamiento en Jersey City, el EOHSI inició un nuevo estudio de dos fases sobre la exposición potencial al Cr(VI). En la Fase I, se tomaron muestras de 100 hogares para verificar la presencia de Cr(VI) en el polvo doméstico, cuyo promedio fue de 3.7 µg/g (ppm), con un valor máximo de 90.4 µg/g.¹¹ Para proporcionar los "niveles basales" con los que se deberían comparar los niveles de Cr(VI) encontrados en el polvo doméstico en Jersey City, EOHSI recolectó muestras de polvo de 20 viviendas en la zona de New Brunswick, un entorno urbano afectado por sitios de CCPW. Se detectó Cr(VI) en todas las viviendas de la muestra, con un promedio de 4.6 ppm y un máximo de 56.6 ppm.¹²

Los investigadores no encontraron una diferencia significativa en las concentraciones de Cr(VI) en polvo doméstico entre la zona de referencia y Jersey City. Las fuentes de Cr(VI) en ambas zonas no están definidas. Cabe la posibilidad de que al menos parte del Cr(VI) en el polvo provino de los materiales al interior de la vivienda, como muebles antiguos de madera y los

⁷ Lioy, P., et al. *Análisis microambiental de la exposición residencial a los residuos cargados de cromo en y alrededor de las viviendas de Nueva Jersey* Análisis de riesgos 12(2), 287-299, 1992

⁸ Stern, A, et al. *Exposición residencial a residuos de cromo – control biológico de la orina en conjunción con el control de la exposición ambiental*, Inv. Ambiental 58, 147-162, 1992

⁹ Freeman, N. et al., *Reducción en el cromo residencial tras el saneamiento del sitio J*. Air & Waste Manage. Assoc. 50:948-953, Junio 2000

¹⁰ *Ibidem*

¹¹ Lioy, P. y Gochfeld, M., *Informe final: Exposición al cromo y efectos sobre la salud en el Condado de Hudson: Fase I*, Noviembre 2008, <http://www.state.nj.us/dep/dsr/chromium/chrom-exposure-phase%201.pdf>

¹² NJDEP, Oficina de Ciencias, *Clasificación de las concentraciones de cromo hexavalente en el polvo doméstico de las zonas de referencia*, junio 2009 <http://www.state.nj.us/dep/dsr/chromium/bckgrd-cr.pdf>

elementos estructurales.¹³ Además, "la comparación de la relación de Cr(VI) con las concentraciones de Cr(III) en las ubicaciones de referencia y Jersey City sugiere que COPR [CCPW] no fue una fuente importante de Cr(VI) en el polvo doméstico de Jersey City".¹⁴

Actualmente, la segunda fase del estudio de dos fases se encuentra en curso. EOHSI está reclutando activamente hogares con niños de 6 años o menos en los cuales recolectará muestras de polvo doméstico para medir los niveles de Cr(VI) y recolectará muestras de orina de los niños.

Un estudio final sobre la salud a destacar que pertenece a esta comunidad es un estudio de la incidencia de cáncer de pulmón en Jersey City que llevó a cabo el Departamento de Salud y Servicios a Personas Mayores de Nueva Jersey (DHSS, por sus siglas en inglés). Mediante la dirección del domicilio de una persona al momento del diagnóstico de cáncer como un sustituto para la exposición potencial, el estudio examinó si las tasas de incidencia de cáncer de pulmón difieren dentro de Jersey City en base a la distancia de los sitios de CCPW. El estudio analizó los datos sobre la incidencia de cáncer de pulmón del Registro de Cáncer del Estado de Nueva Jersey para el periodo de 25 años entre 1979 y 2003.

Con base en la comparación interna en Jersey City, se encontró un mayor riesgo de incidencia de cáncer de pulmón para las poblaciones que viven en estrecha proximidad a los sitios históricos de CCPW, aunque los incrementos no fueron estadísticamente significativos, esto significa que las diferencias en las tasas son lo suficientemente bajas que podrían explicarse por la casualidad. Si bien los resultados sugieren que vivir más cerca de los sitios de CCPW es un factor de riesgo potencial para el desarrollo de cáncer de pulmón, los resultados no prueban una relación causa-efecto. Los autores del estudio comentan: "Es importante tener en cuenta que las exposiciones históricas potenciales descritas en la presente investigación no representan las condiciones actuales en la ciudad, puesto que se ha llevado a cabo un saneamiento considerable de los sitios de CCPW".¹⁵

Estudios en California

Si bien la Sentencia de Consentimiento sólo exige una revisión de los estudios de salud limitados al Condado de Hudson, es fundamental revisar cualquier investigación actual sobre la salud que pudiera tener relación con una exposición potencial en Jersey City. Como resultado, se evaluaron varios estudios de salud patrocinados por la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR, por sus siglas en inglés) de dos comunidades de California con

¹³ *Ibidem*

¹⁴ *Ibidem*

¹⁵ ATSDR, *Análisis de la incidencia de cáncer de pulmón cerca de los sitios contaminados con cromo en Nueva Jersey (también conocidos como Sitios de cromo en el Condado de Hudson), Jersey City, Condado de Hudson, Nueva Jersey*, Septiembre 2008, [www.atsdr.cdc.gov/HAC/pha/Chromium-Contaminated%20Sites%\(NJ\)%20093008.pdf](http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/pha/Chromium-Contaminated%20Sites%(NJ)%20093008.pdf)

exposición por inhalación a Cr(VI), por su relevancia para los patrones de exposición de Jersey City. En ambas comunidades de California, los residentes estuvieron expuestos a niveles ambientales de Cr(VI) proveniente de operaciones de cromado en niveles mucho más altos que los encontrados en Jersey City.

Una revisión del registro de cáncer que se llevó a cabo para la comunidad de Willits, CA cerca de las instalaciones de Abex/Remco (que operó entre 1963 y 1995) no encontró un número elevado estadísticamente significativo de casos de cáncer. El número de casos de cáncer de pulmón y cáncer de las vías respiratorias fue mayor que el número esperado, pero la diferencia no fue lo suficientemente grande para distinguirla de una diferencia que puede ocurrir por casualidad.¹⁶ De manera similar, una revisión de los datos sobre la mortalidad no encontró un aumento estadísticamente significativo en la mortalidad.¹⁷ Sobre la base del modelado de aire, las concentraciones anuales estimadas para Cr(VI) oscilaron entre 50.0 ng/m^3 y $10,000 \text{ ng/m}^3$ para el periodo entre 1968 y 1975 y oscilaron entre 20.0 ng/m^3 y $1,000 \text{ ng/m}^3$ (y posiblemente tan altas como $20,000 \text{ ng/m}^3$ o superiores) para el periodo entre 1976 y 1989.¹⁸

Se encontraron hallazgos similares para los residentes que viven cerca de las operaciones de Chrome Crankshaft y J&S Chrome Plating en Bell Gardens, CA, que operaron entre 1953 y 1999. No se encontró un exceso de tasas de cáncer que pudieran atribuirse a las instalaciones.¹⁹ Durante los años anteriores a la reducción de las emisiones (debido al cierre de J&S Chrome Plating y a la instalación de dispositivos de control de aire en Chrome Crankshaft), las concentraciones medias anuales estimadas de Cr(VI) en el aire oscilaron entre 0.16 ng/m^3 y 15.16 ng/m^3 ; las muestras analizadas (mientras las dos instalaciones seguían en operación) variaron desde niveles no detectables hasta 430 ng/m^3 .²⁰

Debido a que se ha demostrado que la exposición ocupacional al Cr(VI) provoca asma en algunos trabajadores, algunos residentes han expresado inquietud sobre la posibilidad de que las exposiciones ambientales al Cr(VI) también puedan provocar asma en los niños. Un estudio de

¹⁶ ATSDR, *Evaluación de las posibilidades y limitaciones de los estudios de salud en la instalación hidráulica de Abex/Remco* (11/07/06) <http://www.ehib.org/cma/projects/AbexHC.pdf>

¹⁷ *Ibidem*

¹⁸ Departamento de Servicios de Salud de California, *Evaluación en materia de salud pública: Evaluación de la exposición histórica a las emisiones de aire de la instalación hidráulica de Abex/Remco, Willits, Condado de Mendocino, California* (Julio de 2004) <http://www.ehib.org/cma/projects/AbexRemcoFinalAirPHA.pdf>

¹⁹ Departamento de Servicios de Salud de California, *Revisión de las tasas de cáncer en las Inmediaciones de Chrome Crankshaft Company y J & S Chrome Plating Company* (enero de 2003) <http://www.atsdr.cdc.gov/hac/pha/pha.asp?docid=13&pg=0>

²⁰ Departamento de Servicios de Salud de California, *Revisión de las tasas de cáncer en las Inmediaciones de Chrome Crankshaft Company y J & S Chrome Plating Company* (enero de 2003) <http://www.atsdr.cdc.gov/hac/pha/pha.asp?docid=13&pg=0>

cohorte retrospectivo en una de las comunidades de California examinó si los niños expuestos al Cr(VI) transportado por el aire tenían mayor riesgo de asma con base en la asistencia a las escuelas ubicadas al lado de dos instalaciones emisoras de cromo.²¹

El modelado de aire estimó concentraciones anuales promedio del aire de 0.1216 ug/m^3 y 0.00002 ug/m^3 para periodos de alta y baja exposición. La concentración más alta de Cr(VI) en el aire que se midió en las proximidades fue de 0.430 ug/m^3 . El análisis no respaldó una asociación entre el desarrollo de asma entre los niños y la exposición a Cr(VI) transportado por el aire por asistir a una escuela ubicada al lado de una instalación emisora de Cr(VI).²²

Notas sobre la biovigilancia y las pruebas de detección

Los biomarcadores últimamente tienen mucha presencia en los noticieros como formas potencialmente prometedoras de detectar la exposición a contaminantes o como una prueba temprana de los efectos sobre la salud.

En la actualidad, los biomarcadores más confiables de la exposición al Cr(VI) son la orina y la sangre, los cuales son indicadores de una exposición relativamente reciente. Las concentraciones de Cr(VI) en la orina y la sangre (especialmente en los glóbulos rojos) sólo pueden indicar una exposición potencial, pero no nos dicen nada sobre el riesgo de desarrollar enfermedades o condiciones específicas.

Se ha desarrollado un nuevo ensayo sensible que es capaz de identificar específicamente los enlaces cruzados de ADN-proteína que son causados por el Cr(VI). Actualmente no se sabe cuánto tiempo tomaría desarrollar el ensayo hasta el punto en que pueda utilizarse en un entorno diferente al de laboratorio y cumplir con los criterios esenciales para su uso como biomarcador. Hasta el momento, no existen pruebas suficientes para determinar lo que se considera un nivel anormal de DPC. Y a pesar de que se sabe que la formación de enlaces cruzados de ADN-proteína causados por el cromo daña al ADN, que se considera como un posible paso en el continuo de cáncer, aún no es posible utilizar el DPC como un biomarcador para establecer una correlación con un tipo específico de cáncer o riesgo de cáncer.

Aunque se está llevando a cabo mucha investigación en el ámbito de los biomarcadores de cáncer, todavía no hay biomarcadores para el cáncer de pulmón o cáncer gastrointestinal que estén disponibles para la población en general. En la actualidad no existe ninguna prueba de detección sencilla y precisa para detectar y diagnosticar el cáncer de pulmón temprano. El Instituto Nacional del Cáncer no recomienda las pruebas como la radiografía de tórax,

²¹ ATSDR, *Asma y afecciones respiratorias relacionadas entre niños: Un estudio sobre la asistencia a una escuela próxima a dos instalaciones de cromado [Chrome Crankshaft y J&S Chrome Plating, Condado de Los Ángeles]* (febrero 2005) <http://www.ehib.org/cma/projects/CCHHealthStudy.pdf>

²² *Ibidem*

tomografía computarizada y recolección de esputo como pruebas de detección para la población en general. Tampoco existen pruebas de detección para el cáncer gastrointestinal.

IV. PROGRAMA RECOMENDADO DE PREVENCIÓN Y PRUEBAS DE EXPOSICIÓN PARA LA COMUNIDAD

De acuerdo con la Sentencia de Consentimiento, antes de decidir si se debía recomendar un "estudio de exposición de la salud para los residentes que viven en las inmediaciones de Garfield Avenue", se revisaron los datos relevantes del estudio de salud y se tomaron en consideración las opiniones de los expertos en salud y ciencia. Esta información fue evaluada en el contexto de la protección de la salud pública contra las exposiciones potenciales relacionadas con el saneamiento del sitio de Garfield Avenue.

Después de una revisión exhaustiva de los datos y la información recopilada, el Administrador del Sitio desarrolló una serie de recomendaciones preliminares que se compartieron con las partes en el acuerdo. Estas recomendaciones se han incorporado ampliamente en las medidas de protección de la salud que se han previsto para las actividades de limpieza en el sitio de Garfield Avenue. Con base en las revisiones del plan de trabajo de limpieza que se realizaron con posterioridad a las recomendaciones preliminares, el Administrador del Sitio cree que las medidas de protección protegerán la salud y garantizarán la seguridad de los residentes que viven cerca del sitio de Garfield Avenue.

Después de revisar los estudios científicos y las opiniones de los expertos, el Administrador del Sitio recomienda un Programa de prevención y pruebas de exposición de la comunidad. El programa recomendado se compondrá de tres niveles: 1) un Programa integral de Control de la calidad del aire para garantizar la protección de la comunidad circundante durante el saneamiento del sitio de Garfield Avenue, 2) un programa adjunto de exposición de la salud para determinar si la comunidad está siendo expuesta a Cr(VI) relacionado con la limpieza del sitio, y 3) un proyecto de mapeo que utiliza los resultados del Programa de inspección residencial establecido por el acuerdo para delinear las áreas de contaminación del suelo, si se detectan. Además, el Administrador del Sitio recomienda medidas para promover la segunda fase del estudio de EOHSI sobre el polvo doméstico. Los detalles del Programa recomendado de prevención y pruebas de exposición para la comunidad se describen a continuación.

A. PROGRAMA DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE

Las actividades asociadas con la excavación, el tratamiento in situ y/o ex situ y la eliminación del CCPW del sitio de Garfield Avenue presentan oportunidades para generar polvo en el sitio de trabajo. Con el fin de garantizar la protección de la salud y seguridad de los residentes fuera del sitio durante estas actividades, se llevará a cabo el control de la calidad del aire ambiental en el sitio y en el perímetro. Los datos generados se examinarán de forma independiente y estarán disponibles de forma abierta y transparente. El Programa de control de la calidad del aire, como

se describe completamente en un Plan de control de la calidad del aire independiente que ha sido revisado por DEP, podrá:

- Incluir medidas para controlar el polvo que contiene CCPW y la exposición potencial a Cr(VI) de los residentes fuera del sitio,
- Establecer un Nivel de Acción para el total de partículas y un objetivo de concentración basado en el riesgo para controlar el Cr(VI) en la zona de exclusión (trabajo) y en el perímetro del sitio,
- Controlar y documentar continuamente las partículas aéreas y los niveles de Cr(VI) en los sitios de trabajo y en la cerca (perímetro),
- Establecer las condiciones de línea de base antes de las actividades de saneamiento,
- Generar información para confirmar que el polvo se ha eliminado con éxito, así como evaluar la necesidad de iniciar acciones para mitigar la generación de polvo en tiempo real a medida que la excavación avanza,
- Exigir la revisión de las actividades y datos del programa por el consultor técnico independiente,
- Publicar los datos del control de la calidad del aire en el sitio web www.chromecleanup.com.

Un componente clave del programa de control de la calidad del aire será el desarrollo de un límite de concentración basado en el riesgo para el Cr(VI) a fin de proteger a los residentes contra la exposición a Cr(VI) durante las actividades de saneamiento. El límite de concentración basado en el riesgo para el Cr(VI) en el aire ambiental se calculará mediante una metodología de riesgo de cáncer (que representa el riesgo promedio acumulado durante el período de 5 años del proyecto de saneamiento). Ya que no es posible medir el Cr(VI) en tiempo real, también se calculará un Nivel de Acción sustituto en tiempo real para el total de partículas (PM₁₀). Las concentraciones totales de partículas en tiempo real en la Zona de Exclusión (Trabajo) se promediarán cada cinco minutos con el fin de proporcionar al personal del sitio el tiempo suficiente para evaluar las fuentes del polvo, emplear procedimientos de control de polvo o, en su caso, suspender las operaciones con el fin de evitar las exposiciones fuera del sitio a niveles elevados de contaminantes.

B. PROGRAMA DE PRUEBAS DE EXPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD

Además del Programa de control de la calidad del aire, se ha propuesto una serie de pruebas de exposición con el fin de determinar si los residentes de la comunidad están siendo expuestos al Cr(VI) relacionado con las actividades de saneamiento. Las pruebas de sangre se están ofreciendo para responder las inquietudes de la comunidad en relación con la exposición potencial durante el saneamiento. No se están suministrando debido a las inquietudes sobre las

exposiciones pasadas. Se analizaría una muestra de sangre de los residentes de la zona antes, durante y después de las actividades de limpieza para determinar si se observaron aumentos de Cr(VI) por arriba de los niveles de preocupación. El programa voluntario estaría abierto a todos los residentes que viven en la zona que va desde el sitio de Garfield Avenue hasta Ocean Avenue, el sur de Bayview Avenue y el norte de Bramhall Avenue. El programa constará de:

- Una prueba de detección inicial para determinar el nivel de cromo en los glóbulos rojos (análisis de sangre) que se deberá llevar a cabo antes de dar inicio a las actividades de excavación del saneamiento en el sitio de Garfield Avenue a fin de establecer una línea base para efectos de comparación,
- Análisis de sangre semestrales durante todo el período de las actividades de saneamiento que perturben el suelo,
- Exámenes físicos para detectar evidencia de condiciones médicas que indiquen una exposición reciente a Cr(VI), si los resultados del muestreo de glóbulos rojos se elevan por arriba de un nivel de preocupación,
- Gestión de datos e integración de los datos sanguíneos de los participantes con los datos de los estudios de exposición ambiental, y
- Protección de la privacidad de los participantes.

C. PROYECTO DE MAPEO DE LOS RESULTADOS DEL PROGRAMA DE INSPECCIÓN RESIDENCIAL Y PROMOCIÓN DEL ESTUDIO DE EOHSI SOBRE EL POLVO

1. Proyecto de mapeo de los resultados del programa de inspección residencial

Como se estableció anteriormente, el objetivo del Programa recomendado de prevención y pruebas de exposición para la comunidad es garantizar la protección de la salud de los residentes que viven en las inmediaciones del sitio de Garfield Avenue durante el saneamiento del sitio y en el futuro. En apoyo de este objetivo se encuentra el Programa de inspección residencial, establecido por la Sentencia de Consentimiento para abordar las inquietudes de los residentes que viven cerca de los sitios de PPG y que sospechan que los residuos de cromo pueden encontrarse dentro o sobre de su propiedad. Bajo el programa, los residentes que viven en la zona que va del sitio de Garfield Avenue a Ocean Avenue, el sur de Bayview Avenue y el norte de Bramhall Avenue son elegibles para solicitar una inspección. Las propiedades de tipo residencial ubicadas dentro de estos límites, tales como guarderías, escuelas y patios de recreo, también son elegibles.

El Programa de inspección residencial determinará a través de inspecciones y muestreo si hay niveles elevados de Cr(VI). Los residuos de cromo que excedan las normas de NJDEP como mínimo se limpiarán de conformidad con las normas. De esta manera, serán eliminados tanto el

CCPW en el sitio de Garfield Avenue y el CCPW residual en los alrededores de las propiedades residenciales, ayudando así a proteger la salud de la comunidad.

La información recopilada a través de los muestreos en el sitio es de gran valor para determinar el grado de contaminación de CCPW dentro de la comunidad del sitio de Garfield Avenue. El Administrador del Sitio recomienda desarrollar el Proyecto de mapeo de los resultados del programa de inspección residencial para compartir los resultados de la muestra a través de mapas del lugar e informes públicos con el fin de proporcionar a la comunidad en general una idea exacta de las condiciones de contaminación residencial. La información se compartiría con el público a través de publicaciones y boletines informativos en el sitio web, según sea apropiado.

2. Promoción del estudio de EOHSI sobre el polvo

A través de diversos estudios orientados a la exposición, EOHSI ha contribuido al proporcionar una evaluación objetiva con bases científicas de la exposición al Cr(VI) para los residentes de Jersey City durante las últimas dos décadas. Su último estudio activo es la segunda fase de un examen anterior de Cr(VI) en polvo doméstico, que se inició en 2006 como respuesta a la continua inquietud pública sobre la exposición potencial a Cr(VI) proveniente de los sitios restantes de CCPW sin saneamiento. Debido a que EOHSI encontró Cr(VI) en el polvo doméstico durante la Fase I, que sugiere un potencial de exposición, se implementó la segunda fase del estudio en 2009. En la actualidad, EOHSI está reclutando activamente hogares con niños de 6 años o menos en los cuales recolectará muestras de polvo doméstico para medir los niveles de Cr(VI) y recolectará muestras de orina de los niños.

El Administrador del Sitio recomienda fomentar la participación comunitaria en el estudio de EOHSI a través de actividades de promoción de las partes en el Juicio de Consentimiento.

V. CRITERIOS CONSIDERADOS PARA EL ESTUDIO DE LA EXPOSICIÓN POTENCIAL DE LA SALUD

Como se dijo anteriormente, se formuló una serie de preguntas basadas en los criterios al considerar qué tipo de estudio sobre la exposición de la salud, en su caso, sería conveniente para los residentes que viven en las inmediaciones del sitio de Garfield Avenue. Estas preguntas se responden a continuación en el contexto del programa integral seleccionado para controlar la exposición relacionada con el sitio.

¿Serán de ayuda los datos recopilados en la prevención de enfermedades o efectos sobre la salud?

Los datos recopilados bajo el Programa recomendado de prevención y pruebas de exposición para la comunidad serán de dos tipos: datos de muestras biológicas y datos del control de la calidad del aire. Los datos del control de la calidad del aire se utilizarán para documentar la medida en que las actividades correctivas exponen a la comunidad a niveles elevados de Cr(VI) en el aire ambiental.

Las muestras biológicas se utilizarán para documentar si los individuos están expuestos a Cr(VI) en su entorno. Los datos recabados formarán parte de un programa integral diseñado para limitar y evaluar la exposición y, por lo tanto, es intrínsecamente de carácter preventivo (incluso cuando los estudios de salud existentes no establecen claramente que los efectos adversos sobre la salud son el resultado de bajos niveles de exposición por períodos de corta duración).

¿Cómo se utilizará la información para proteger la salud de la comunidad?

Los datos recopilados del control de la calidad del aire se utilizarán para proteger la salud de la comunidad al demostrar si hay niveles elevados de Cr(VI) de polvo en el aire ambiental y si el polvo está saliendo del sitio de saneamiento. Si se determina que se están generando niveles elevados de polvo y éste está saliendo del sitio, se detendrá el trabajo hasta que los procedimientos de trabajo se puedan volver a evaluar y configurar con el fin de eliminar este problema.

Al mismo tiempo, los ensayos biológicos pueden mostrar si las personas se encuentran expuestas a Cr(VI). Si se detecta esto, se pueden tomar medidas para identificar la ruta de exposición y/o eliminar la fuente.

¿Cómo se utilizará la información para abordar las inquietudes de la comunidad?

Una de las principales inquietudes de la comunidad es la protección contra la exposición al Cr(VI) durante el saneamiento y los datos del control de la calidad del aire documentarán las condiciones reales y mostrarán que las concentraciones de Cr(VI) en el aire ambiental se mantienen por debajo de los niveles deseados. La información del control de la calidad del aire se compartirá con el público a través de publicaciones y boletines informativos en el sitio web.

Las pruebas biológicas pueden confirmar que los individuos no están expuestos a niveles elevados como resultado del saneamiento.

¿Cómo se utilizará la información para tomar las medidas adecuadas?

Se utilizará el Nivel de Acción para PM₁₀ para controlar las operaciones de saneamiento. Debido a que las mediciones de PM₁₀ recopiladas continuamente en la Zona de exclusión (trabajo) se promedian cada cinco (5) minutos, el personal del sitio tiene el tiempo suficiente para implementar las medidas correctivas antes de que se superen los Niveles de acción en el perímetro del sitio. Además, si los datos del control de la calidad del aire indican que se está rebasando la concentración basada en el riesgo para el Cr(VI), se detendrá el proyecto y si es necesario se volverá a configurar hasta que PPG pueda demostrar que se tienen las medidas adecuadas para prevenir nuevos casos de valores excedentes y para proteger la salud humana.

Si las pruebas biológicas muestran niveles elevados de Cr(VI) en las muestras de sangre, un médico profesional con experiencia en medicina ambiental y ocupacional puede llevar a cabo un examen físico para determinar si un individuo presenta problemas de salud por Cr(VI).

¿Existen programas o recursos para actuar sobre los hallazgos, si es necesario?

El Plan de Salud y Seguridad y los Procedimientos Operativos Estándar para el Sitio de Garfield Avenue identifican los procedimientos que se deben seguir si se excede un Nivel de Acción. El Administrador del Sitio tiene la autoridad para ordenar que se detenga el trabajo en el sitio hasta que se pueda demostrar que se han establecido las medidas necesarias para proteger al público.

¿Qué seguimiento se producirá y quién es responsable?

Si el control de la calidad del aire demuestra que el polvo contaminado con Cr(VI) está emigrando fuera del sitio con concentraciones superiores a las de los niveles basados en el riesgo, PPG es responsable de detener las operaciones de saneamiento y modernizar los procedimientos para asegurar que las futuras actividades de saneamiento protejan la salud humana.

VI. CONCLUSIONES

Después de revisar los datos de numerosos estudios de salud, informes y sitios web, y después de discutir el estado de la ciencia sobre Cr(VI) con varios expertos en salud, se recomienda un Programa integral de prevención y pruebas de exposición para la comunidad para los residentes que viven en las inmediaciones del sitio de Garfield Avenue. Este protocolo de tres niveles está diseñado para evitar la exposición del público a niveles elevados de Cr(VI) durante el saneamiento, dar garantías a la comunidad de que su salud está protegida y proporcionar una imagen más completa de la exposición actual de los residentes de la zona a Cr(VI).

I. INTRODUCCIÓN

A. VISIÓN GENERAL

Convenio de limpieza de cromo

El 26 de junio de 2009, se obtuvo una Sentencia de Consentimiento Parcial con el Tribunal Superior de Nueva Jersey, para obligar al Departamento de Protección Ambiental de Nueva Jersey, PPG Industries, Inc., a trabar juntos en el saneamiento de 20 sitios de cromo en el Condado de Hudson que son responsabilidad de PPG. El acuerdo de colaboración especial creado por el acuerdo fue diseñado para "sanear los suelos y las fuentes de contaminación en los sitios con la mayor rapidez posible, con un objetivo de (5) años para su conclusión".²³

Para ayudar a cumplir este objetivo, se estableció el cargo de Administrador de Sitio independiente con responsabilidades de supervisión. Las responsabilidades conferidas a este cargo incluyen desarrollar un programa maestro de 5 años exigible judicialmente, facilitar el progreso de las partes en el cumplimiento de los principales hitos del programa, contratar un consultor técnico independiente, mantener comunicaciones periódicas con los representantes de la comunidad y comunicar las inquietudes de la comunidad a la sociedad. El consultor ambiental y el ex Administrador Adjunto de la USEPA W. Michael McCabe recibieron el nombramiento para este cargo por orden judicial en julio de 2009.

En particular, el Administrador del Sitio tiene la responsabilidad de:

- Elaborar un programa maestro exigible judicialmente, que incluya un calendario para la presentación de los planes de trabajo del proyecto por parte de PPG, la revisión de esos documentos por parte de un consultor técnico independiente y la emisión de fallos subsecuentes por parte del NJDEP;
- Controlar de cerca, facilitar y promover el progreso de la sociedad en el cumplimiento de los principales hitos del programa:
- Celebrar reuniones para resolver los problemas que puedan surgir,
- Contratar a un consultor técnico independiente y los expertos necesarios para revisar las propuestas de PPG,
- Mantener comunicaciones periódicas con los representantes de la comunidad, solicitar sus opiniones e ideas, y
- Comunicar las inquietudes de la comunidad a la sociedad.

²³ Sentencia de Consentimiento Parcial referente a los sitios de PPG (Demanda Civil No.: HUD-C-77-05), 26 de junio de 2009, p. 7, X.8

Además, se encomendó al Administrador del Sitio la responsabilidad de recibir los estudios de salud relacionados con el cromo, consultar con expertos en la materia y, de ser necesario, recomendar un estudio de exposición de la salud que llevaría un control de las personas que viven en las inmediaciones de uno de los sitios de PPG, el sitio de Garfield Avenue. A continuación se describe en detalle el trabajo realizado para cumplir este requisito.

B. ALCANCE DE LA EVALUACIÓN DEL ESTUDIO DE EXPOSICIÓN DE LA SALUD

La evaluación del estudio de exposición de la salud se completó para la comunidad específica de residentes que viven en las inmediaciones del sitio de Garfield Avenue en Jersey City. Como tal, la revisión bibliográfica de la literatura científica se centró inicialmente en estudios anteriores y actuales que investigan la contaminación por cromo (Cr) y cromo hexavalente [Cr(VI)], y los posibles efectos de salud mediante el Cr (VI) en Jersey City y el Condado de Hudson. La revisión se amplió para incluir estudios de otras comunidades expuestas al Cr(VI) en los Estados Unidos y en el extranjero, así como estudios de los trabajadores con exposición ocupacional al Cr(VI), investigaciones sobre la carcinogénesis del Cr(VI) y fuentes sobre la toxicidad y toxicología del Cr(VI).

Al considerar la conveniencia de un estudio de exposición de la salud y su posible formato, se llevó a cabo una revisión bibliográfica con respecto a biomarcadores, biovigilancia, pruebas de detección para variables de salud específicas, opciones y protocolos para el estudio de salud. Se revisaron más de 50 estudios científicos.

Las bases de datos y sitios web federales y estatales sobre el medio ambiente y las agencias de salud (por ejemplo, USEPA, CalEPA, NJDEP, ATSDR) proporcionaron una valiosa fuente de antecedentes y una comprensión de las complejidades científicas, políticas, técnicas y logísticas de los temas relacionados con el cromo.

De conformidad con la Sentencia de Consentimiento, la evaluación incluyó entrevistas con expertos y profesionales locales, regionales y nacionales en las áreas descritas anteriormente con el fin de obtener información adicional sobre la comprensión actual de la forma en que el Cr(VI) se comporta en el medio ambiente, cómo actúa en sujetos humanos y cómo se pueden medir e interpretar las cargas corporales. Se estableció contacto con cerca de 20 personas con experiencia en las siguientes áreas: evaluación de riesgos, toxicología, medicina ambiental y ocupacional, farmacología, carcinogénesis de los metales pesados, detección del cáncer, investigación de biomarcadores, epidemiología ambiental y control biológico.

La información extraída de este estudio y la investigación se utilizó para fundamentar las recomendaciones del Administrador del Sitio en relación con un futuro estudio de salud para los residentes que viven en las inmediaciones del sitio de Garfield Avenue.

C. MÉTODOS

El fundamento de esta evaluación se basa en un análisis imparcial de los estudios de salud y otras investigaciones relativas al Condado de Hudson, estudios ocupacionales, estudios de la exposición a Cr(VI) en otras comunidades, la investigación actual sobre los efectos de salud mediante el Cr(VI) y las pruebas de detección y protocolos de salud.

Se revisaron estudios pertinentes, informes, documentos y sitios web de agencias estatales y federales para encontrar los antecedentes y comprender las complejidades de la ciencia, política, técnica y logística de estas cuestiones.

La principal fuente de información proviene de los estudios de salud y documentos a los que se hace referencia a lo largo del informe y entrevistas con expertos en salud y ciencia. Se entrevistaron cerca de 20 personas (consulte la lista en el Apéndice C) con experiencia en las áreas siguientes:

- Evaluación de riesgos
- Toxicología
- Medicina ambiental
- Farmacología
- Carcinogénesis de los metales pesados
- Detección del cáncer e investigación de biomarcadores
- Epidemiología ambiental
- Farmacocinética
- Medicina ocupacional
- Control biológico
- Impacto medioambiental y transporte
- Biomarcadores de Cr(VI)

II. ACUERDO JCO: REQUISITOS DEL ESTUDIO DE EXPOSICIÓN DE LA SALUD

Como parte de los Deberes y Responsabilidades del Administrador del Sitio, se incluyó una disposición en la Sentencia de Consentimiento que obliga al Administrador del Sitio a:

“Revisar los estudios de salud anteriores y en curso sobre los efectos del cromo en la salud en el Condado de Hudson y consultar con expertos en el campo, y de ser necesario, recomendar un protocolo para un estudio médico futuro (estudio de exposición de la

salud), para monitorear a las personas que viven en las inmediaciones del sitio de Garfield Avenue para determinar los riesgos de exposición al cromo...²⁴

Se llevó a cabo una extensa revisión e investigación de la literatura existente sobre estudios de la salud para formar la base de las recomendaciones de este informe.

III. EFECTOS SOBRE LA SALUD ASOCIADOS CON LA EXPOSICIÓN AL CROMO HEXAVALENTE

Las principales fuentes de información en relación con los efectos que el Cr(VI) tiene sobre la salud provienen de estudios de exposición ocupacional, así como de estudios en animales. Los principales criterios de valoración de la salud asociados con altos niveles de exposición a Cr(VI) se resumen a continuación. Esta discusión es un extracto de la Declaración de Salud Pública de ATSDR sobre el cromo.²⁵

A. EFECTOS NO CANCERÍGENOS

▪ Efectos respiratorios

Los problemas de salud más comunes en trabajadores expuestos al cromo involucran el tracto respiratorio. Respirar altos niveles de Cr(VI) puede irritar el epitelio de la nariz y causar úlceras en la nariz, secreción nasal y problemas respiratorios, como el asma, tos, falta de aliento o resuello. La ATSDR señala: "los trabajadores también han desarrollado alergias a los compuestos de cromo, que pueden causar dificultades respiratorias y erupciones cutáneas."²⁶

Se han observado problemas de las vías respiratorias similares a los observados en los trabajadores en animales expuestos a Cr(VI) por inhalación.

La ATSDR señala que "las concentraciones que causan problemas respiratorios en los trabajadores son por lo menos 60 veces superiores a los niveles que se encuentran normalmente en el ambiente".²⁷

²⁴ *Ibidem*, p. 18, XVI. 49 (g)

²⁵ ATSDR, Declaración de Salud Pública sobre el Cromo, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs7.html>

²⁶ *Ibidem*, Sección 1.5.

²⁷ *Ibidem*

- ***Estómago e intestino delgado***

Los problemas de salud observados en los animales después de la ingestión de compuestos de Cr(VI) incluyen irritación y úlceras en el estómago y el intestino delgado, así como anemia. Algunos estudios ocupacionales mostraron dolores de estómago, cólicos y úlceras en los trabajadores expuestos a Cr(VI) por inhalación.²⁸

- ***Sistema reproductor masculino***

Se ha encontrado daño en los espermatozoides y daños en el sistema reproductor masculino de los animales de laboratorio expuestos a Cr(VI).

- ***Efectos cutáneos***

El contacto con compuestos de Cr(VI) puede producir efectos dañinos en la piel y las membranas mucosas, que incluyen irritación, quemaduras, úlceras, dermatitis alérgica y reacciones alérgicas que constan de enrojecimiento e hinchazón grave de la piel.

B. CÁNCER

- ***Respiratorio***

El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS, por sus siglas en inglés), la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) y la EPA han determinado que los compuestos de Cr(VI) son agentes potenciales de cáncer en los humanos.

Se ha demostrado que la exposición ocupacional a Cr(VI) causa cáncer de pulmón, y de forma menos constante cáncer nasal. Numerosos estudios en animales han demostrado que el Cr(VI) causa cáncer de pulmón y otros tipos de cáncer del tracto respiratorio.

- ***Gastrointestinal***

En julio de 2008, el Programa Nacional de Toxicología publicó los resultados de sus estudios de dos años sobre la ingesta de Cr(VI) en el agua potable en ratas y ratones.

²⁸ Perfil toxicológico del cromo, ATSDR, Capítulo 3: Efectos sobre la salud, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp7-c3.pdf>

El estudio encontró una clara evidencia de actividad carcinogénica en la cavidad oral de las ratas y en el intestino delgado de los ratones.²⁹

En otro estudio, se observó un aumento en los tumores estomacales en humanos ambientalmente expuestos al Cr(VI) en el agua potable.³⁰

C. EFECTOS EN LOS NIÑOS

Muy pocos estudios han observado los efectos de la exposición a Cr(VI) en niños. La ATSDR dice, "es probable que los niños presenten los mismos efectos de salud que los adultos. Se desconoce si los niños serían más sensibles que los adultos a los efectos del cromo".³¹

Un estudio de cohorte retrospectivo en una comunidad de California examinó si los niños expuestos al Cr(VI) transportado por el aire tenían mayor riesgo de asma con base en la asistencia a las escuelas ubicadas al lado de dos instalaciones emisoras de cromo.³² El análisis no respaldó una asociación entre el desarrollo de asma entre los niños y la exposición a Cr(VI) transportado por el aire por asistir a una escuela ubicada al lado de una instalación emisora de Cr(VI).

No hay estudios que demuestren que el Cr(VI) causa defectos congénitos en los humanos. En los estudios en animales, la exposición a dosis elevadas de Cr(VI) durante el embarazo provocó el aborto involuntario, peso bajo al nacer y retraso en el desarrollo de los sistemas esquelético y reproductivo.³³

²⁹ Programa Nacional de Toxicología, Institutos Nacionales de la Salud, Informe técnico de NTP sobre los estudios de toxicología y carcinogénesis del dicromato de sodio dihidratado en ratas F344/N y ratones B6C3F1 (Estudios de agua potable), julio de 2008 http://ntp.niehs.nih.gov/files/546_WEB_FINAL.pdf

³⁰ Perfil toxicológico del cromo, ATSDR, Capítulo 2: Importancia para la Salud Pública, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp7-c2.pdf>

³¹ ATSDR, Declaración de Salud Pública sobre el Cromo (septiembre de 2008) <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs7.html#bookmark06>

³² ATSDR, *Asma y afecciones respiratorias relacionadas entre niños: Un estudio sobre la asistencia a una escuela próxima a dos instalaciones de cromado [Chrome Crankshaft y J&S Chrome Plating, Condado de Los Ángeles]* (febrero 2005) <http://www.ehib.org/cma/projects/CCHHealthStudy.pdf>

³³ Perfil toxicológico del cromo, ATSDR, Capítulo 2: Importancia para la Salud Pública, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp7-c2.pdf>

IV. ESTUDIOS REVISADOS Y RESULTADOS

De conformidad con el requisito de estudio de salud de la Sentencia de Consentimiento, la primera tarea del Administrador del Sitio es revisar los estudios de salud anteriores y en curso sobre los efectos del cromo en la salud del Condado de Hudson. En este sentido, los autores del estudio se centraron inicialmente en los estudios relacionados directamente con Jersey City y el Condado de Hudson. La revisión bibliográfica se amplió para incluir estudios de otras comunidades de los Estados Unidos y en el extranjero que habían estado expuestas a altas concentraciones de cromo hexavalente. Se revisaron estudios de exposición ocupacional, al igual que una variedad de fuentes sobre el control biológico, exámenes de salud, toxicología del cromo y otros temas relevantes.

A. ESTUDIOS ESPECÍFICOS PARA EL CONDADO DE HUDSON, NUEVA JERSEY

Para la revisión de estudios de salud, los autores del estudio empezaron con más de 20 informes técnicos y documentos relacionados específicamente con la exposición y los estudios de salud realizados en el Condado de Hudson desde 1989 y hasta la fecha. La lista de estudios específicos para el Condado de Hudson se presenta en el Apéndice A.

1. Estudios de salud en la década de 1990

▪ *Escuela Whitney Young Jr.*

El primer estudio en examinar la exposición potencial a Cr(VI) en Jersey City fue un estudio que observó a los adultos y niños en edad escolar de la Escuela Whitney Young Jr. en Jersey City (PS#15). En junio de 1989, después de recibir informes de evidencia visual de Cr en las paredes de la escuela, el Departamento de Salud de Nueva Jersey (NJDOH, por sus siglas en inglés) llevó a cabo una evaluación de detección en 165 adultos y niños en edad escolar que incluyó un examen visual de la piel, nariz, garganta y una prueba rápida de orina "con la intención de proporcionar una indicación de la posible exposición reciente al cromo en la comunidad".³⁴ Además, los investigadores recolectaron y analizaron muestras de aire, polvo, tierra y cristales que se rasparon de las paredes del sótano.

Los exámenes médicos no identificaron ninguna condición que pudiera relacionarse específicamente con la exposición a cromo y no se encontró evidencia de contaminación de cromo en las paredes del sótano. Se encontró Cr en la orina de treinta y seis por ciento de los niños y 16 por ciento de los adultos por encima del límite de detección de 0.3 µg/L. Si bien no se encontró una relación en los adultos entre los niveles de Cr en la orina y la proximidad residencial a los sitios contaminados con Cr, este no fue el caso para los niños. La proporción de

³⁴ Departamento de Salud de Nueva Jersey, *Evaluación médica de los niños y adultos de la Escuela Whitney Young Jr. en Jersey City, Nueva Jersey* (Diciembre 1989)

niños con niveles detectables de Cr en orina fue mayor entre los que vivían más cerca de los vertederos de residuos conocidos contaminados con Cr.³⁵

▪ ***Proyecto de vigilancia médica del cromo (CMSP, por sus siglas en inglés)***

El estudio de la escuela Young en última instancia condujo al desarrollo del Proyecto de vigilancia médica del cromo (CMSP, por sus siglas en inglés), que se llevó a cabo entre enero de 1992 y junio de 1993. En base a la proximidad de los vertederos de residuos de cromo conocidos, la NJDOH identificó 14 zonas residenciales y 78 centros de trabajo para dirigir un examen médico y evaluar la exposición a cromo. En total, 2,224 personas participaron en el proyecto de investigación. Las personas que participaron: 1) recibieron un examen médico de valoración de la piel y las fosas nasales (para buscar irritación o reacciones alérgicas), 2) se les pidió que proporcionaran una muestra de orina para una prueba de Cr en la orina y 3) se les pidió que completaran un cuestionario.³⁶ La NJDOH también llevó a cabo un sondeo para determinar la línea de base en orina de 317 personas que vivían en varias partes de Nueva Jersey. Los resultados pertinentes incluyeron:

- De 806 residentes y 934 trabajadores que enviaron muestras de orina, 158 adultos y niños presentaron niveles elevados de Cr en orina (más de 0.5 µg/L por encima del valor esperado) y fueron remitidos para evaluación de seguimiento.
- De 800 residentes y 938 trabajadores que recibieron el examen médico de valoración, 32 fueron remitidos para evaluación de seguimiento.
- De los referidos para exámenes de seguimiento, seis revelaron efectos clínicos potencialmente atribuibles a la exposición a Cr. Cinco de los seis eran empleados de los lugares de trabajo seleccionados y uno era de una zona residencial objetivo. Cuatro de los seis tenían enfermedades de la piel posiblemente relacionadas con el Cr y tres tenían alergias nasales persistentes, pero ninguno tenía perforaciones nasales.
- Los niveles de cromo promedio en orina para todos los grupos analizados fueron más altos que los del grupo de control, las diferencias entre los grupos seleccionados y de control se hacían menores a medida que la edad incrementaba
- Las diferencias promedio de Cr en orina fueron mayores para los niños menores de 6 años de edad: niños residentes (0.33 µg/L) frente a los niños del grupo de control (0.20 µg/L)

³⁵ *Ibidem*

³⁶ Fagliano, J. y Savrin, J., Departamento de Salud de Nueva Jersey, *Proyecto de vigilancia médica del cromo: Informe Técnico Final*, Octubre 1994

▪ ***Estudios de exposición por polvo doméstico***

En 1990, los investigadores de EOHSI, NJDEP y NJDOH empezaron a colaborar en el Estudio de Evaluación de la Exposición a Cromo en el Condado de Hudson que intentaba estimar la exposición a Cr de diversos medios. Durante el verano de 1990, se recolectaron muestras de aire exterior, aire interior y polvo doméstico de las viviendas cercanas a los cuatro sitios de procesamiento de residuos contaminados con cromo (CCPW) y de las viviendas del grupo de control, y se analizaron para determinar el total de Cr. Al mismo tiempo, se tomaron muestras de orina aleatorias de los residentes.

Los datos demostraron una correlación entre la proximidad a los sitios de CCPW y el nivel total de cromo en el polvo doméstico.³⁷ También demostraron que los niños de las viviendas con altas concentraciones de cromo en el polvo tenían niveles más altos de Cr en su orina.³⁸

También se ofreció tomar muestras de polvo doméstico a muchos de los participantes del Proyecto de vigilancia médica del cromo. EOHSI llevó a cabo la prueba bajo un contrato con NJDEP. Diecinueve por ciento de las personas examinadas en el CMSP participaron en el llamado Estudio del Cromo en el Polvo Doméstico. Los investigadores de EOHSI y NJDEP encontraron concentraciones de Cr en el polvo doméstico y que las cargas de Cr eran mayores en las viviendas aledañas a los sitios de CCPW que en las viviendas del grupo de control fuera del Condado de Hudson (New Brunswick).³⁹ Un análisis más detallado de los datos demostró que la concentración de Cr en el polvo doméstico era un indicador de Cr en orina en todos los rangos de edad de los residentes, especialmente para los niños de 10 años o menores.⁴⁰

Un seguimiento a las viviendas aledañas a los sitios de CCPW que habían sido saneados mostró una disminución significativa en la concentración total de Cr en el polvo doméstico, esencialmente por debajo de los niveles basales.⁴¹ En el Estudio del Cromo en el Polvo Doméstico de 1992 a 93, se identificó que los niveles de Cr total en el polvo doméstico de las viviendas eran alto (> 500 ppb), medio (100 a 400 ppb) o bajo (< 100 ppb). Entre noviembre de 1996 y febrero de 1998, se volvieron a tomar muestras de 23 viviendas del grupo original. Las

³⁷ Liroy, P., et al. *Análisis microambiental de la exposición residencial a los residuos cargados de cromo en y alrededor de las viviendas de Nueva Jersey* Análisis de riesgos 12(2), 287-299, 1992

³⁸ Stern, A, et al. *Exposición residencial a residuos de cromo – control biológico de la orina en conjunción con el control de la exposición ambiental*, Inv. Ambiental 58, 147-162, 1992

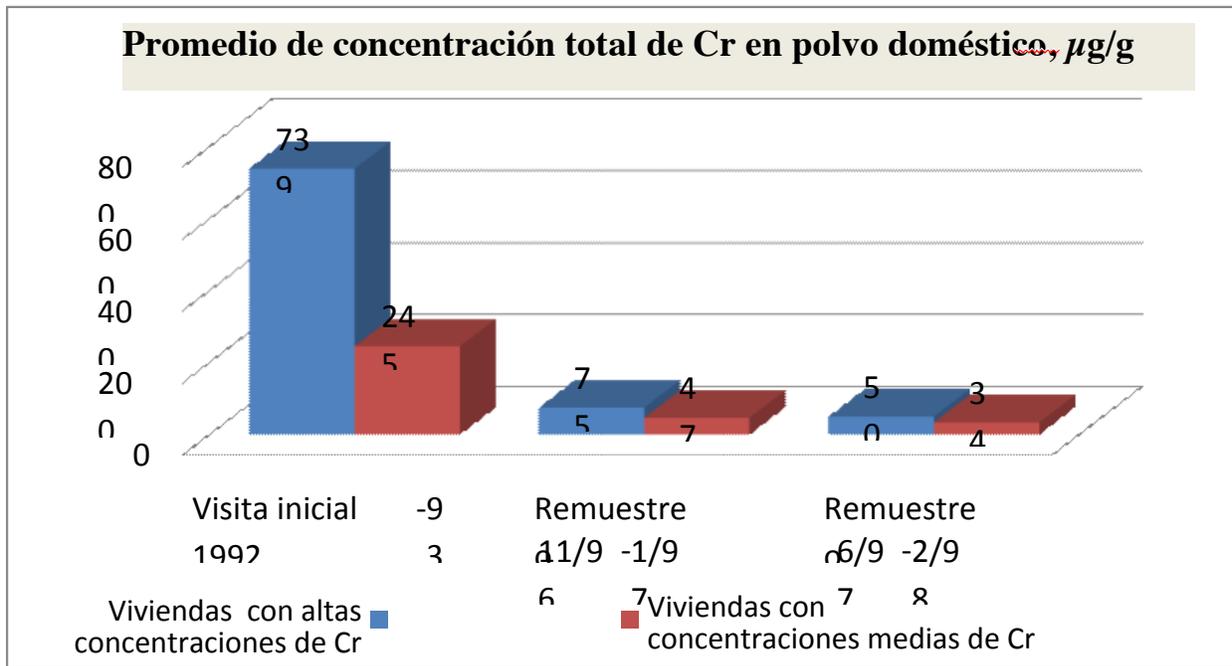
³⁹ Freeman N., et al. *Exposición al polvo de cromo en las viviendas en un proyecto de vigilancia del cromo*, Archivos de Salud Ambiental, Mayo 1997

⁴⁰ Stern A, et. al., *La relación del cromo en el polvo doméstico con el cromo en orina en las viviendas adyacentes a los centros que producen residuos de cromo*, Env. Health Perspectives, Vol. 106, Núm. 12, Diciembre 1998

⁴¹ Freeman, N. et al., *Reducción en el cromo residencial tras el saneamiento del sitio J*. Air & Waste Manage. Assoc. 50:948-953, Junio 2000

viviendas que antes tenían concentraciones totales de Cr de alto nivel y nivel medio en el polvo doméstico, después del saneamiento mostraron una disminución aproximada de 85% en las concentraciones de Cr. Como se observa en la Figura 1, en las casas con alto nivel la concentración media de Cr se redujo de 749 ppb a 50 ppb, y en las de nivel medio la concentración media de Cr se redujo de 245 ppb a 34 ppb.⁴²

Figura 1: Reducción en el cromo residencial tras el saneamiento



▪ **Medición de las concentraciones de Cr(VI) en el aire**

Varios estudios publicados entre 1991 y 1997, consideraron los riesgos para la salud para los trabajadores que trabajan en y cerca de los sitios de CCPW y para los residentes que viven cerca de los sitios de CCPW. Como parte de estos estudios, los investigadores midieron las concentraciones de Cr(VI) en el aire en una serie de entornos ocupacionales y residenciales en el Condado de Hudson. Los resultados de los muestreos incluyeron:

⁴² *Ibidem*

- El aire interior y aire exterior en un sitio de CCPW parcialmente pavimentado con el tráfico de camiones pesados:⁴³ osciló entre 0.57 y 27 ng/m³; la media geométrica fue de 2.5 ng/m³
- Aire interior y exterior en un sitio industrial en el Condado de Hudson contaminado con CCPW:⁴⁴ media general de 3.0 ng/m³ (interior) y 9.9 ng/m³ (exterior)
- Aire interior en las residencias de Jersey City alejadas de los sitios de CCPW:⁴⁵ 0.38-3.3 ng/m³, media de 1.2 ng/m³.
- Concentraciones basales en el aire en un sitio urbano industrial en Newark, NJ y concentraciones basales en el aire en una propiedad comercial sin desarrollar en Lyndhurst, Condado de Hudson, NJ; los dos sitios se encuentran geográficamente cerca de los sitios de CCPW en Jersey City pero lo suficientemente distantes para no verse influenciados por las emisiones de partículas de los sitios:⁴⁶ Las concentraciones en Newark oscilaron entre 0.2 y 3.8 ng/m³. Las concentraciones en Lyndhurst oscilaron entre 0.4 y 1.7 ng/m³

▪ ***Estudio de enlaces cruzados de ADN-Proteína***

En 1994, un equipo de investigadores de NYU y la Escuela de Medicina Robert Wood Johnson examinaron los niveles de enlaces cruzados de ADN-proteína (DPC, por sus siglas en inglés) en los linfocitos de 33 personas que se determinó estaban en riesgo por exposición a Cr(VI) debido a su residencia en el Condado de Hudson. Los DPC se consideran como posibles biomarcadores de la exposición al Cr(VI), ya que el Cr(VI) es un agente de formación de enlaces.⁴⁷ El estudio encontró niveles elevados de DPC en los residentes del Condado de Hudson, en comparación con los DPC en los controles que viven en zonas no contaminadas. Sin embargo, debido a que el ensayo que se utilizó para identificar los DPC no es específico para el Cr(VI), no es posible decir

⁴³ Paustenbach, D. et al., *Una evaluación y análisis de incertidumbre cuantitativa de los riesgos para la salud de los trabajadores expuestos a los suelos contaminados con cromo*, Toxicology and Industrial Health (1991) 7: 159-196

⁴⁴ Falerios, M. et al., *Concentraciones aéreas de cromo trivalente y hexavalente de los suelos contaminados en centros comerciales/industriales sin pavimentados y parcialmente pavimentados*, J. Air & Waste Manage. Assoc. (1991) 42:40-48

⁴⁵ Finley, B, et al., *Validación de campo para el muestreo y análisis del cromo hexavalente transportado por el aire*, Appl. Occup. Environ. Hyg (1993) 8(3), 191-200

⁴⁶ Scott, P. et al. *Concentraciones basales de Cr(VI) en el aire en el Condado de Hudson, Nueva Jersey: Implicaciones de establecer normas basadas en la salud para el Cr(VI) en los suelos*, J. Air & Waste Manage. Assoc. 47:592-600

⁴⁷ Taoli, E. et al. *Aumento de enlaces cruzados de ADN-Proteína en los linfocitos de los residentes que viven en áreas contaminadas con cromo*, Biological Trace Research, Vol. 50, 1995

si el Cr(VI) fue el causante de DPC o si fueron otros agentes que también pueden causar DPC, tal como los formaldehídos.

2. Estudios sobre el polvo doméstico (2006-2009)

▪ Condado de Hudson – Fase I

Debido a la continua inquietud pública sobre la exposición potencial al Cr(VI) proveniente de los sitios restantes de CCPW sin saneamiento en Jersey City, el EOHSI inició un nuevo estudio de dos fases sobre la exposición potencial al Cr(VI) en 2006. Para entonces, los métodos analíticos para medir el Cr(VI) ya se habían desarrollado y se utilizaron para medir específicamente el Cr(VI) en las viviendas. En la Fase I, los investigadores del EOHSI recolectaron muestras de polvo de 100 viviendas en Jersey City entre noviembre de 2006 y mayo de 2008, con dos o tres muestras recopiladas en cada vivienda. Se encontró Cr(VI) en todas las viviendas, con un promedio de 3.7 µg/g (ppm), y un valor máximo de 90.4 µg/g. Seis viviendas tuvieron una muestra única con más de 20 ppm, y ninguna de las viviendas tuvo más de una muestra con más de 20 ppm. Después de repetir el muestreo, dos viviendas volvieron a presentar una concentración elevada (por encima de 20 ppm).⁴⁸

▪ Condado de Hudson – Fase II (En curso)

Ya que EOHSI sí encontró Cr(VI) en el polvo doméstico durante la Fase I, que sugiere un potencial de exposición, se implementó la segunda fase del estudio en 2009. EOHSI está reclutando activamente hogares con niños de 6 años o menos en los cuales recolectará muestras de polvo doméstico para medir los niveles de Cr(VI) y recolectará muestras de orina de los niños.

▪ Estudio de contexto del polvo doméstico

El EOHSI también llevó a cabo un estudio de contexto para comparar los niveles de Cr(VI) encontrados en el polvo doméstico en Jersey City con los de las viviendas en otra zona urbana de Nueva Jersey. Los investigadores del EOHSI recolectaron muestras de polvo doméstico de 20 viviendas en la zona de New Brunswick entre abril y septiembre de 2008, con tres muestras recolectadas en cada vivienda. Se detectó Cr(VI) en todas las viviendas de la muestra, con un promedio de 4.6 ppm y un máximo de 56.6 ppm. Solamente una vivienda tuvo una muestra única alta (más de 20 ppm).⁴⁹

Los investigadores no encontraron una diferencia significativa en las concentraciones de Cr(VI) en polvo doméstico entre la zona de referencia y Jersey City. Las fuentes de Cr(VI) en las dos zonas no están definidas y su identificación no formó parte del diseño. Cabe la posibilidad de

⁴⁸ Liroy, P. y Gochfeld, M., *Informe final: Exposición al cromo y efectos sobre la salud en el Condado de Hudson: Fase I*, <http://www.state.nj.us/dep/dsr/chromium/chrom-exposure-phase%201.pdf>

⁴⁹ NJDEP, Oficina de Ciencias, *Clasificación de las concentraciones de cromo hexavalente en el polvo doméstico de las zonas de referencia*, junio 2009 <http://www.state.nj.us/dep/dsr/chromium/bckgrd-cr.pdf>

que al menos parte del Cr(VI) en el polvo provino de los materiales al interior de la vivienda, como muebles antiguos de madera y los elementos estructurales.⁵⁰ Otras fuentes también son posibles, tales como materiales de construcción, cemento, deposición atmosférica (proveniente del tráfico, plantas generadoras de energía) y de los suelos contaminados con Cr(VI) a partir de fuentes tales como fertilizantes y lodo. Además, "la comparación de la relación de Cr(VI) con las concentraciones de Cr(III) en las ubicaciones de referencia y Jersey City sugiere que COPR (CCPW) no fue una fuente importante de Cr(VI) en el polvo doméstico de Jersey City".⁵¹

3. Estudio de incidencia de cáncer de pulmón (2008)

En respuesta a las inquietudes de la comunidad sobre las implicaciones de cáncer de la exposición potencial al Cr(VI) proveniente de los sitios de CCPW, el Departamento de Salud y Servicios a Personas Mayores de Nueva Jersey (DHSS, por sus siglas en inglés), con ayuda del NJDEP, llevó a cabo un estudio sobre la incidencia de cáncer de pulmón en Jersey City. El estudio examinó si las tasas de incidencia de cáncer de pulmón en Jersey City difieren en función de la distancia de los sitios de CCPW. El estudio analizó los datos de incidencia de cáncer de pulmón del Registro de Cáncer del Estado de Nueva Jersey para el período de 25 años entre 1979 y 2003. La proximidad residencial a los sitios de CCPW al momento del diagnóstico de cáncer de una persona se utilizó como un sustituto para la exposición potencial.

En primer lugar, el NJDEP clasificó el potencial de exposición residencial a Cr(VI) en Jersey City. Con base en la medida o estimación de la concentración de Cr(VI), los sitios de CCPW se clasificaron en tres categorías: 1) Cr(VI) > 900 ppm; 2) concentración de Cr(VI) menor de 900 ppm; y 3) concentración de Cr(VI) no disponible. El perímetro del sitio se cartografió con polígonos de 300 pies dibujados alrededor de los límites. A continuación, se calculó la proporción de la zona residencial en cada grupo de bloques censales que cayó dentro de un polígono de 300 pies de cada una de las categorías de concentración de Cr(VI).

Los grupos de bloques censales se agruparon en "grupos de exposición por intensidad" de "ninguna, baja o alta" en base a la proporción de la parte residencial del grupo de bloques ubicados dentro de los polígonos de 300 pies alrededor de los sitios de CCPW.⁵² A continuación, el NJDHSS comparó la incidencia de cáncer de pulmón en los grupos de exposición por intensidad para 1) la incidencia de cáncer para todo el estado durante el periodo que va de 1979 a

⁵⁰ Ibidem

⁵¹ Ibidem

⁵² ATSDR, *Consulta de Salud: Análisis de la incidencia de cáncer de pulmón cerca de los sitios contaminados con cromo en Nueva Jersey (también conocidos como Sitios de cromo en el Condado de Hudson), Jersey City, Condado de Hudson, Nueva Jersey* (Septiembre 2008) [http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/pha/Chromium-ContaminatedSitesinNJ/Chromium-Contaminated%20Sites%20\(NJ\)%20093008.pdf](http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/pha/Chromium-ContaminatedSitesinNJ/Chromium-Contaminated%20Sites%20(NJ)%20093008.pdf)

2003 y 2) la incidencia de cáncer de pulmón en los grupos sin exposición en Jersey City durante el mismo periodo.

Con base en la comparación interna en Jersey City, se encontró un mayor riesgo de incidencia de cáncer de pulmón para las poblaciones que viven en estrecha proximidad a los sitios históricos de CCPW, aunque los incrementos no fueron estadísticamente significativos. Las tasas de cáncer de pulmón en las zonas con alta exposición comparadas con las zonas sin exposición fueron entre 7% y 17% más altas para en hombres y entre 0% y 10% más altas en mujeres dependiendo de cómo se definiera la "alta intensidad de exposición". Sin embargo, estadísticamente las diferencias en las tasas son lo suficientemente bajas que podrían explicarse por la casualidad.

Si bien los resultados sugieren que vivir más cerca de los sitios de CCPW es un factor de riesgo potencial para el desarrollo de cáncer de pulmón, estos resultados no prueban una relación causa-efecto. Los autores del estudio comentan: "Es importante tener en cuenta que las exposiciones históricas potenciales descritas en la presente investigación no representan las condiciones actuales en la ciudad, puesto que se ha llevado a cabo un saneamiento considerable de los sitios de CCPW".⁵³

El Dr. Jerald Fagliano, uno de los autores del estudio, también señaló que el informe, *Tasas de incidencia de cáncer en los diez municipios más poblados de Nueva Jersey, entre 1998 y 2002*, muestra cómo se comparan las tasas de cáncer en Nueva Jersey entre sí y con las del estado.

"Las tasas generales de cáncer en Jersey City fueron menores que las estatales para hombres y mujeres, pero fueron similares a las de otras ciudades como Paterson, Elizabeth y el municipio de Edison. Los cánceres de la próstata, mama, pulmón (mujeres), vejiga (hombres y mujeres), melanoma (hombres y mujeres), de tiroides (mujeres) y riñones (hombres) fueron significativamente bajos desde el punto de vista estadístico en comparación con el estado. El cáncer cervical fue significativamente alto desde el punto de vista estadístico. En general, las tasas de cáncer parecen ser similares a las de otras ciudades con una composición raza/etnia y condiciones socio económicas similares".⁵⁴

4. Estudio de incidencia de cáncer gastrointestinal

Dado que el Programa Nacional de Toxicología descubrió en 2008 que ingerir agua potable contaminada con Cr(VI) aumenta el riesgo de cáncer oral y en el intestino delgado en ratas y ratones, el análisis de ATSDR del informe de la incidencia de cáncer de pulmón recomendó que el NJDHSS considere llevar a cabo un estudio similar para la incidencia de los diferentes tipos de cáncer gastrointestinal en Jersey City.

⁵³ *Ibidem*

⁵⁴ Tasas de incidencia de cáncer en los diez municipios más poblados de Nueva Jersey, entre 1998 y 2002, http://www.state.nj.us/health/ces/documents/cancer_municipalities.pdf

Siguiendo esta recomendación, el NJDHSS llevó a cabo un análisis de diferentes tipos de cáncer gastrointestinal (GI) para el período de 28 años entre 1979 y 2006 mediante los mismos métodos que el estudio de la incidencia de cáncer de pulmón (con el uso de la dirección al momento del diagnóstico como un sustituto para la exposición potencial y la agrupación de zonas residenciales en grupos de exposición por intensidad - ver explicación anterior, IV.A.3). El estudio analizó la incidencia de los siguientes tipos de cáncer GI: oral, esófago, estómago y en intestino delgado. Los resultados del estudio se esperan para el segundo semestre de 2010.

B. ESTUDIOS DE SALUD FUERA DE NUEVA JERSEY

Fuera del Condado de Hudson, Nueva Jersey algunas otras áreas del país han experimentado problemas significativos de contaminación por Cr(VI), en particular California. Si bien la mayoría de los casos de California implican la contaminación del agua potable con Cr(VI), la ATSDR ha completado unos cuantos análisis de las comunidades de California expuestas a Cr(VI) en el aire. También se analizó en las comunidades en China y Suecia.

1. Estudios de exposición de la comunidad - California.

Los autores del estudio analizaron los estudios de la ATSDR de dos comunidades de California afectadas por exposiciones a Cr(VI) en el aire proveniente de las instalaciones de cromado.

▪ *Antigua Instalación hidráulica de Remco en Willits, California*

La instalación hidráulica de Abex/Remco ubicada en Willits, California manejó una operación de cromado entre 1963 y 1995.

El Departamento de Servicios de Salud de California (ahora Departamento de Salud Pública), División de Investigaciones de Salud Ambiental (EHIB, por sus siglas en inglés) llevó a cabo una Evaluación de Salud Pública (PHA, por sus siglas en inglés) para determinar si las emisiones históricas de Cr(VI) en el aire proveniente de las instalaciones entre 1963 y 1995 pudieron haber perjudicado a los residentes.

El informe concluyó que las emisiones de Cr(VI) en el aire proveniente de las instalaciones representó un riesgo para la salud pública durante el periodo en que se llevaron a cabo las operaciones de cromado (entre 1963 y 1995). Los datos del modelado de aire sugieren posibles efectos no cancerígenos sobre la salud y cierto incremento en el riesgo de padecer cáncer (principalmente de pulmón) Sobre la base del modelado de aire, las concentraciones de Cr(VI) estimadas fueron:⁵⁵

⁵⁵ Departamento de Servicios de Salud de California, *Evaluación en materia de salud pública: Evaluación de la exposición histórica a las emisiones de aire de la instalación hidráulica de Abex/Remco, Willits, Condado de Mendocino, California* (Julio de 2004) <http://www.ehib.org/cma/projects/AbexRemcoFinalAirPHA.pdf>

- Las concentraciones medias anuales estimadas de Cr(VI) para el periodo entre 1968 y 1975 oscilaron entre 50.0 ng/m³ y 10,000 ng/m³, en función de la ubicación en la comunidad, con disminuciones en la concentración más lejos de la instalación. La ATSDR además determinó que las concentraciones promedio de Cr(VI) en la comunidad adyacente pudieron haberse encontrado entre 1,000 ng/m³ y 50,000 ng/m³.⁵⁶
- Entre 1976 y 1989: las concentraciones medias anuales estimadas de Cr(VI) oscilaron entre 20.0 ng/m³ y 1,000 ng/m³, en función de la ubicación en la comunidad. La ATSDR además determinó que las concentraciones de Cr(VI) durante este periodo probablemente eran más altas que las del modelo debido a cuestiones operativas en las instalaciones (por ejemplo, equipo de control de la calidad del aire descompuesto o defectuoso) y podrían ser tan altas como 20,000 ng/m³ (o más altas) en la comunidad más cercana a las instalaciones.⁵⁷
- Entre 1990 y 1995: las concentraciones medias anuales estimadas de Cr(VI) oscilaron entre 0.02 ng/m³ y 0.5 ng/m³, en función de la ubicación en la comunidad. La ATSDR además determinó que "las concentraciones de Cr(VI) durante este periodo probablemente fueron 450 veces más altas que las del modelo, debido a las cuestiones operativas identificadas durante la examinación de la fuente".⁵⁸

Una revisión del registro de cáncer que se llevó a cabo para la comunidad no encontró un número elevado estadísticamente significativo de casos de cáncer en general. El número de casos de cáncer de pulmón y cáncer de las vías respiratorias fue mayor que el número esperado, pero la diferencia no fue lo suficientemente grande para distinguirla de una diferencia que puede ocurrir por casualidad.⁵⁹ De manera similar, una revisión de los datos sobre la mortalidad no encontró un aumento estadísticamente significativo en la mortalidad.⁶⁰

Como seguimiento a la PHA, el CDHS evaluó los posibles estudios epidemiológicos y otros estudios de investigación sobre la exposición para la comunidad de Willits. El estudio concluyó que a pesar del riesgo de exposición anterior (y los riesgos de exposición actuales y futuros indeterminados), "las limitaciones del método para satisfacer los criterios de validez científica limitan el potencial de los estudios de investigación, incluyendo el tamaño relativamente pequeño de la población más expuesta, la dificultad para definir con precisión una población de estudio, y el hecho de que la exposición cesó hace mucho tiempo".⁶¹ Excepto, posiblemente, un

⁵⁶ *Ibidem*, p.19.

⁵⁷ *Ibidem*.

⁵⁸ *Ibidem*.

⁵⁹ ATSDR, *Evaluación de las posibilidades y limitaciones de los estudios de salud en la instalación hidráulica de Abex/Remco* (11/07/06) <http://www.ehib.org/cma/projects/AbexHC.pdf>

⁶⁰ *Ibidem*

⁶¹ *Ibidem*

registro de exposición o informes de casos, no se recomendaron los estudios Tipo 2 (estudios epidemiológicos analíticos) y Tipo 1 (estudios epidemiológicos descriptivos). El informe también señaló que podría ser posible llevar a cabo estudios de investigación relacionados con la exposición, tales como la biovigilancia en los tejidos/órganos del cuerpo, la participación en biomarcador precoz del cáncer o pruebas proteómicas relacionadas con el Cr, dependiendo del interés de la comunidad y el estado de la ciencia.⁶²

Por último, un panel de científicos y médicos expertos consideraron la posibilidad de llevar a cabo la vigilancia médica de los residentes de Willits que habían estado expuestos a Cr(VI), y se convocaría bajo los auspicios de la Universidad de California en San Francisco con el CDHS. El panel recomendó la notificación de los residentes expuestos, el acceso a una enfermera con entrenamiento en salud ambiental, educación sobre la salud y asesoramiento, acceso a la atención médica con médicos calificados locales, en su caso, referencia a un médico experto en medicina y medicina ocupacional, y la prestación de los servicios de salud sin cargo adicional si la persona no recibe el cuidado como parte de su plan de seguro médico.⁶³ En última instancia estas recomendaciones nunca fueron implementadas.

▪ ***Chrome Crankshaft y J&S Chrome Plating***

Dos antiguas instalaciones de cromado, Chrome Crankshaft, Inc. y J&S Chrome Plating, se encontraban adyacentes una a la otra en la ciudad de Bell Gardens, Condado de Los Ángeles California. Chrome Crankshaft funcionó de 1963 a 1999; J&S Chrome Plating funcionó de 1953 a 1991.

El Departamento de Servicios de Salud de California (ahora Departamento de Salud Pública), División de Investigaciones de Salud Ambiental (EHIB, por sus siglas en inglés) llevó a cabo una Consulta de Salud Pública sobre las tasas de cáncer en las zonas que podrían haberse visto afectadas por las exposiciones de las dos instalaciones.⁶⁴

No se encontró un exceso de cáncer en niños en ninguna de las zonas geográficas estudiadas. No se encontró exceso de cáncer en ningún grupo de hispanos (hombres o mujeres en ninguna de las

⁶² *Ibidem*

⁶³ ATSDR, *Informe del panel de expertos: Recomendaciones para llevar a cabo la vigilancia médica de los residentes de Willits, California y los trabajadores expuestos a cromo hexavalente y compuestos orgánicos volátiles provenientes de las instalaciones hidráulicas de Abex/Remco (30/11/06)*
<http://www.ehib.org/cma/projects/MMReportFinal.pdf>

⁶⁴ Departamento de Servicios de Salud de California, *Revisión de las tasas de cáncer en las Inmediaciones de Chrome Crankshaft Company y J & S Chrome Plating Company (enero de 2003)*
<http://www.atsdr.cdc.gov/hac/pha/pha.asp?docid=13&pg=0>

zonas). Asimismo, en el área a sotavento de las instalaciones, las tasas de cáncer fueron las que se esperaría bajo circunstancias normales. Las tasas de cáncer en general y de cáncer de pulmón en la zona inmediata a donde Chrome Crankshaft y J&S Chrome Plating se encuentran localizadas fueron menores que las esperadas en hombres caucásicos, pero en las mujeres caucásicas se encontraron tasas de cáncer de pulmón ligeramente más altas que las esperadas.

No se encontraron tasas de cáncer que pudieran atribuirse a las instalaciones. El informe señaló: "Debido a que los niveles de aire ambiental en la Comunidad aledaña a cerca de Chrome Crankshaft y J&S Chrome Plating fueron muy inferiores a los que se encontró como causantes de cáncer de pulmón en los trabajadores, es poco probable que el cáncer entre los residentes fuera causado por la exposición a estas instalaciones".⁶⁵

Durante los años anteriores a la reducción de las emisiones (debido al cierre de J&S Chrome Plating y a la instalación de dispositivos de control de la calidad del aire en Chrome Crankshaft), las concentraciones medias anuales estimadas de Cr(VI) en el aire oscilaron entre 0.16 ng/m³ y 15.16 ng/m³. Las muestras analizadas (mientras las dos instalaciones seguían en operación) variaron desde niveles no detectables hasta 430 ng/m³.⁶⁶

▪ ***Incidencia de asma infantil en relación con la exposición a Cr(VI)***

En el otoño del año 2000, el Departamento de Servicios de Salud de California, inició un estudio sobre la salud de los niños en dos escuelas, Suva Elementary School y Suva Intermediate School, localizadas al lado de Chrome Crankshaft, Inc. y J&S Chrome Plating, que en conjunto funcionaron entre 1953 y 1999. El estudio de cohorte retrospectivo examinó si los niños expuestos al Cr(VI) transportado por el aire tuvieron mayor riesgo de asma en función de la asistencia a las escuelas ubicadas al lado de dos instalaciones emisoras de cromo en una comunidad de bajos ingresos.⁶⁷

El modelado de aire dio como resultado estimaciones de 0.1216 ug/m³ y 0.00002 ug/m³ para los niveles anuales promedio de concentración de aire para los periodos de alta exposición (asistencia a la escuela antes de los controles de las emisiones) y baja exposición (asistencia a la escuela después del control de las emisiones).⁶⁸ El muestreo de aire de 1988 encontró niveles de Cr(VI) en la propiedad de la escuela Suva de hasta 0.430 ug/m³.⁶⁹ El muestreo de aire de 1998,

⁶⁵ Ibídem

⁶⁶ Ibídem

⁶⁷ ATSDR, *Asma y afecciones respiratorias relacionadas entre niños: Un estudio sobre la asistencia a una escuela próxima a dos instalaciones de cromado [Chrome Crankshaft y J&S Chrome Plating, Condado de Los Ángeles]* (febrero 2005) <http://www.ehib.org/cma/projects/CCHHealthStudy.pdf>

⁶⁸ Ibídem

⁶⁹ Ibídem

después de que la compañía añadió depuradores de aire, encontró niveles sustancialmente más bajos de Cr(VI), que oscilaban desde niveles no detectables hasta 0.0011 ug/m³.⁷⁰

Un cuestionario para llevar a casa proporcionó datos sobre 2,736 niños (tasa de participación del 86%) con respecto al asma, síntomas respiratorios, factores de riesgo potenciales y exposiciones históricas. La prevalencia de asma en la comunidad fue similar o inferior a la reportada para otras comunidades, aunque puede haber existido asma sin diagnosticar en la población. El análisis no respaldó una asociación entre el desarrollo de asma entre los niños y la exposición a Cr(VI) transportado por el aire por asistir a una escuela ubicada al lado de una instalación emisora de Cr(VI).⁷¹

2. Estudios de exposición de la comunidad - Fuera de los EE.UU.

Además de los estudios de la comunidad en Nueva Jersey y California, los autores del estudio también consideraron estudios de comunidades expuestas, desde el punto de vista ambiental, fuera de los EE.UU. Los resultados diferían en función de la vía de exposición y de la dosis

China

En 1987, los investigadores en la provincia de Liaoning, China reportaron tasas elevadas de mortalidad para todos los tipos de cáncer, cáncer de pulmón y cáncer de estómago entre 1970 y 1978 para los residentes que vivían en las aldeas con agua potable contaminada con Cr(VI).⁷² La planta de aleación de hierro Jinzhou, una fábrica de ferrocromo en la provincia, inició sus operaciones en 1959, para 1965 el agua de los pozos de agua potable en algunos pueblos cercanos se había vuelto amarilla.⁷³ Como fuentes de contaminación de las aguas subterráneas se identificó: las aguas residuales contaminadas con Cr(VI), fugas en el equipo de la fábrica y residuos almacenados de mineral de cromo.⁷⁴ Las concentraciones de Cr(VI) en los pozos de agua potable fueron de hasta 20 mg/L.⁷⁵

Entre 1987 y 2006 cierta controversia giró en torno al estudio que empezó cuando Zhang y un colega publicaron un seguimiento de 1997 en la Revista de Medicina Ocupacional y Ambiental

⁷⁰ Ibídem

⁷¹ Ibídem

⁷² Beaumont, J. et. al, *Mortalidad por cáncer en una población de china expuesta a cromo hexavalente en el agua potable*, Enero de 2008, Epidemiología, Volumen 19(1), p. 13.

⁷³ Zhang, J. y Li, X., *Investigación y estudio de la contaminación por cromo en Jinzhou*, Revista China de Medicina Preventiva, 1987, Volumen 21, 5ª Edición, p.1.

⁷⁴ Beaumont, J. et. al. p. 13

⁷⁵ Zhang, J. y Li, X., p. 2.

(JOEM, por sus siglas en inglés) en el que no encontraron una elevada mortalidad por cáncer para los pueblos expuestos.⁷⁶ En 2006, la JOEM retractó el artículo más reciente cuando se reveló el "aporte financiero e intelectual para el trabajo" de ChemRisk, una firma consultora de los EE.UU. contratada por clientes en la industria del cromo.⁷⁷

En enero de 2008 un grupo de investigadores de la Oficina de Evaluación de Riesgos Ambientales para la Salud de la EPA en California volvió a evaluar los datos originales disponibles. Su nuevo análisis confirmó los resultados del aumento de la mortalidad por cáncer de estómago para los residentes en las zonas expuestas en comparación con la tasa de los residentes en zonas no expuestas y en la provincia de Liaoning.⁷⁸ La tasa de mortalidad por cáncer de pulmón en las zonas expuestas no fue significativamente elevada en comparación con la tasa en áreas no expuestas, pero fue elevada en comparación con la tasa de la provincia como un todo. La mortalidad por cáncer diferente al de estómago y de pulmón no fue mayor, aunque la mortalidad de todos los cánceres combinados fue elevada para las zonas expuestas en comparación con la tasa de la provincia de Liaoning.⁷⁹

Suecia

Los investigadores en un estudio sueco realizado en 1980 analizaron la mortalidad por cáncer de pulmón en los residentes que vivían cerca de dos plantas de ferrocromo y que estaban expuestos a cromo por inhalación. La concentración (total) de Cr en el aire en las zonas más contaminadas oscilaba entre 100 y 400 ng/m³, aproximadamente 50 a 100 veces más alta que la concentración en las zonas rurales no expuestas al momento del estudio.⁸⁰ El estudio evaluó 810 muertes por cáncer de pulmón entre los años 1961 y 1975. Cuando se controló la densidad de población, no se encontró ninguna relación entre las tasas de mortalidad por cáncer de pulmón en la población expuesta y el resto del país.⁸¹

3. Estudios de exposición ocupacional

Exposición por inhalación

⁷⁶ Smith, A. *Cromo hexavalente, agua amarilla y cáncer: Una saga complicada*, Epidemiología, enero de 2008, Volumen 19 (1), p. 24.

⁷⁷ Brandt-Rauf, P. Retracción editorial. *Revista de Medicina Ambiental y Ocupacional*. 2006, 48: 749.

⁷⁸ Beaumont, J. et. al., p. 18.

⁷⁹ *Ibidem*, p. 19

⁸⁰ Axelsson G. y Rylander R., *Polvo de cromo en el entorno y mortalidad por cáncer de pulmón*, *Inv. Ambiental* 23 (1980), 469-476.

⁸¹ *Ibidem*, p.469.

La mayoría de estudios ocupacionales de los trabajadores expuestos a Cr(VI) se refieren a la vía de inhalación. Se observaron efectos respiratorios no cancerígenos en concentraciones que van de 0.002 a 0.414 mg/m³ entre ellos: asma, tos, tabique nasal irritado y perforado, ulceración nasal, secreción nasal, hemorragia nasal, atrofia de la mucosa nasal y disminución de la función pulmonar. Se observaron efectos gastrointestinales (dolores de estómago, cólicos, úlceras y gastritis, amigdalitis y faringitis crónica) a niveles entre 0.004 y 0.414 mg/m³. Estos efectos pueden deberse a que los trabajadores respiran por la boca y tragan polvo de cromato⁸² y/o debido a "las partículas de gran tamaño cargadas con Cr(VI) [que] el pulmón expulsaría para luego ser tragadas", donde presuntamente éstas podrían afectar el tracto gastrointestinal.⁸³

También se han observado efectos hepáticos (hígado) y renales (riñones) en concentraciones de Cr(VI) en el aire de ≥ 0.01 mg/m³ y 0.004 mg/m³, respectivamente. La información es limitada o la evidencia es escasa para los efectos cardiovasculares y reproductivos después de la exposición por inhalación en ambientes laborales.

Numerosos estudios observan una mayor incidencia en cáncer de pulmón o del sistema respiratorio entre los trabajadores expuestos a Cr(VI)⁸⁴, así como aumento en la mortalidad por cáncer de pulmón⁸⁵, especialmente en la producción de cromato, producción de pigmentos de cromato y las industrias de cromado.⁸⁶ Los datos recopilados por la ATSDR mostraron que los trabajadores expuestos de forma crónica a Cr(VI) por inhalación comenzaron a tener un mayor riesgo de padecer cáncer de pulmón a concentraciones que oscilan entre 0.1 y 0.5 mg/m³.⁸⁷

La ATSDR señala: "Se han reportado relaciones entre la dosis y la respuesta al cromo para los trabajadores de la producción de cromato, pero no para otras categorías de trabajadores del cromo".⁸⁸ En los estudios de los trabajadores de la producción de cromato, el aumento en el

⁸² Perfil toxicológico del cromo, ATSDR, Versión para comentario público, septiembre 2008, Capítulo 3 Efectos sobre la salud, p.84. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp7-c3.pdf>

⁸³ Sedman, R. et al., *Revisión de la evidencia acerca de la carcinogénesis del cromo hexavalente en el agua potable*, Journal of Environmental Science and Health, Parte C, 24:155-182, 2006

⁸⁴ Perfil toxicológico del cromo, ATSDR, Versión para comentario público, septiembre 2008, Capítulo 3 Efectos sobre la salud <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp7-c3.pdf>

⁸⁵ Luippold, R. et al. *Mortalidad por cáncer de pulmón entre los trabajadores de la producción de cromato*, Occupational and Environmental Medicine, 2003, 60:451-457

⁸⁶ Sedman, R. et al., p.168.

⁸⁷ Perfil toxicológico del cromo, ATSDR, Versión para comentario público, septiembre 2008, Capítulo 3 Efectos sobre la salud, Cuadro 3-1. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp7-c3.pdf>

⁸⁸ *Ibidem*, Capítulo 3: Efectos sobre la salud, p. 99.

riesgo de padecer cáncer de las vías respiratorias se asocia con una mayor exposición acumulativa al Cr(VI).⁸⁹

Por lo menos un estudio de los trabajadores de cuatro instalaciones expuestos a Cr(VI) durante el procesamiento de cromita encontró, además de un mayor riesgo de cáncer, un mayor riesgo de cáncer en la cavidad nasal/senos paranasales, así como un grupo de cáncer de vejiga en una instalación.⁹⁰ Los riesgos de cáncer de estómago se asociaron débilmente con la exposición al polvo de cromato en otro estudio que analizó la mortalidad por cáncer en los trabajadores de una fábrica de pigmentos de cromo de Newark, Nueva Jersey.⁹¹

El Cuadro I muestra las concentraciones de Cr(VI) en el aire en las que se empezaron a observar el cáncer de pulmón y los efectos de salud no cancerígenos en diferentes estudios ocupacionales.

Exposición por ingestión

En un estudio que T.F. Mancuso realizó en 1950, los trabajadores de una planta de cromato de Ohio expuestos tanto a Cr(VI) y polvo de Cr(III) reportaron efectos gastrointestinales, como úlceras gástricas, gastritis y dolor de estómago. Debido a los altos niveles de polvo, los trabajadores respiraban por la boca y luego ingerían el polvo de cromo.⁹² Un estudio de 1967 por L. Hanslian et al. sobre los trabajadores de plantas de galvanoplastia de cromo en Checoslovaquia también encontró dolor de estómago, úlceras, gastritis y cólicos estomacales, así como amigdalitis y faringitis crónica (dolor de garganta).⁹³

Exposición cutánea

Los resultados de la exposición cutánea a Cr(VI) en los entornos ocupacionales están bien documentados, particularmente para la producción de cromato y el cromado. Los efectos de salud por exposición cutánea incluyen piel irritada, úlceras en la piel, cicatrices, orificios penetrantes, dermatitis y quemaduras. También se ha reportado irritación de los ojos y efectos orales (inflamación oral, engrosamiento de los labios y las encías, gingivitis, y periodontitis) en los trabajadores expuestos a Cr(VI).⁹⁴

⁸⁹ *Ibidem*, p.101.

⁹⁰ Rosenman, K y Stanbury, M. *Riesgo de cáncer de pulmón entre los antiguos trabajadores de la fundición de cromo*, American Journal of Industrial Medicine, diciembre 1998, Volumen 29, 5ª Edición, p. 491-500.

⁹¹ Hayes, R. et al. *Mortalidad por cáncer entre un cohorte de trabajadores de pigmentos de cromo*, American Journal of Industrial Medicine, Volumen 16, 2ª Edición, p. 127-133.

⁹² Perfil toxicológico del cromo, ATSDR, Versión para comentario público, septiembre 2008, Capítulo 3: Efectos sobre la salud, p. 156. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp7-c3.pdf>

⁹³ *Ibidem*

⁹⁴ *Ibidem*, p. 196.

Cuadro I Concentraciones de cromo en el aire y efectos de salud relacionados en estudios ocupacionales	
Efectos cancerígenos sobre la salud	Concentraciones en el aire, ug/m³ de Cr(VI)
Cáncer de pulmón	100 a 500
Efectos no cancerígenos sobre la salud	
Respiratorios: asma, bronquitis, faringitis, disminución de la función pulmonar	2.0
Nasales: hemorragia nasal, secreción nasal, tabique nasal perforado y ulceración nasal	2.0
Cutáneos: irritación de la piel, dermatitis, ulceración (a)	5.0
Gástricos: irritación del estómago (úlceras), cólicos estomacales	4.0 - 5.0
Renales: cambios en la función de los riñones	4.0

- A menos que se indique lo contrario, la fuente es ATSDR, Perfil toxicológico del cromo, sept. 2008, Capítulo 3: Efectos sobre la salud, Cuadro 3-1.

(a) ATSDR, Capítulo 3: Efectos sobre la salud, Cuadros 3 a 5

C. BIOMARCADORES Y PRUEBAS DE DETECCIÓN

Dado que la comunidad tiene una gran inquietud con respecto a la posible exposición al Cr(VI) y los efectos de salud relacionados con el Cr(VI), las preguntas lógicas son:

- ¿Cuáles son las formas de medir si una persona ha estado expuesta al Cr(VI)?
- ¿Se puede utilizar una prueba de exposición al Cr(VI) para cuantificar los riesgos de una enfermedad específica o criterio de valoración de la salud?
- ¿Existen formas de medir los efectos de salud medios del Cr(VI)?
- ¿Existen pruebas de detección disponibles para las enfermedades que están asociadas con la exposición al Cr(VI), tales como el cáncer de pulmón o el cáncer gastrointestinal?

En la búsqueda de respuestas a estas preguntas, los autores del estudio revisaron numerosos artículos, así como los sitios web de las agencias federales y estatales sobre el medio ambiente y la salud. Además, se comunicaron con investigadores de biomarcadores, investigadores del cáncer, epidemiólogos y profesionales de la salud ambiental del estado.

Las tres primeras preguntas tienen que ver con los marcadores biológicos o biomarcadores. Los biomarcadores son características o sustancias que se pueden medir en partes del cuerpo y

evaluar como indicadores de eventos en sistemas biológicos. Ellos "son criterios de valoración observables que indican los acontecimientos en los procesos que conducen a la enfermedad".⁹⁵

Los biomarcadores normalmente se clasifican en tres grupos: marcadores de exposición, marcadores de efecto y marcadores de susceptibilidad. También hay algunos biomarcadores que se sitúan entre los marcadores de exposición y los marcadores de efecto. Para ser útiles, los biomarcadores deben ser sensibles, específicos, sólidos y prácticos.

Los biomarcadores relevantes para el Cr(VI) se discuten a continuación.

1. Biomarcadores de exposición

Los biomarcadores de exposición se utilizan para detectar la exposición a una sustancia. Un biomarcador de exposición es una sustancia extraña o su(s) metabolito(s) o el producto de una interacción entre una sustancia extraña y alguna molécula o célula que se puede medir en un individuo.⁹⁶ La exposición al Cr(VI) puede medirse en la orina, la sangre, el pelo, las uñas y aire exhalado, sin embargo, la orina y la sangre (entera, suero y glóbulos rojos) se consideran los indicadores de exposición más fiables.⁹⁷

Orina

Es importante señalar que todo el Cr mensurable en las muestras biológicas se encuentra en forma de Cr(III). Incluso bajo condiciones de alta exposición a Cr(VI), después de ser absorbido en los fluidos biológicos o tejidos, el Cr(VI) se reduce rápidamente a Cr(III).⁹⁸ Debido a esto, es difícil determinar si la fuente de Cr medido en la orina es Cr(VI) o Cr(III). Esto se vuelve aún más confuso con el hecho de que el Cr(III) es un nutriente esencial y también es un suplemento popular. Como tal, las fuentes alimenticias de Cr(III) pueden tener una influencia significativa en las concentraciones de Cr en orina. La imposibilidad para diferenciar entre la exposición a Cr(III) y Cr(VI) en la orina reduce su utilidad como biomarcador en los casos de bajo nivel de exposición a Cr y "hace que sea difícil llevar a cabo un análisis de riesgo a nivel de exposición ambiental".⁹⁹

⁹⁵ Ward, J. y Henderson, R. *Identificación de las necesidades en la investigación de biomarcadores*, Environmental Health Perspectives 104, Suplemento 5, octubre 1996

⁹⁶ Perfil toxicológico del cromo, ATSDR, Versión para comentario público, septiembre 2008, Capítulo 3 Efectos sobre la salud <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp7-c3.pdf>

⁹⁷ *Ibidem*, p. 276

⁹⁸ Zhitkovich, A. *Capítulo diecinueve: Cromo: Exposición, toxicidad y métodos de biovigilancia*, En Biomarcadores de la enfermedad asociada al medio ambiente: Tecnologías, conceptos y perspectivas, de Samuel H. Wilson, CRC Press, (2002), p. 275

⁹⁹ *Ibidem*

También cabe destacar que, aunque la orina tiene el beneficio de ser no invasiva, así como fácil de recolectar y analizar, sólo puede indicar una exposición muy reciente al Cr(VI), generalmente en los últimos 1 ó 2 días.

Glóbulos rojos (RBC, por sus siglas en inglés)

El Cr(VI) que ingresa al torrente sanguíneo es fácilmente absorbido por los glóbulos rojos, mientras que el Cr(III) tiene poca capacidad para atravesar las membranas plasmáticas.¹⁰⁰ Por lo tanto, el Cr contenido al interior de los RBC se puede utilizar como un biomarcador específico de exposición al Cr(VI), y posiblemente medir la dosis acumulativa de Cr(VI) durante la vida útil de los glóbulos rojos, de hasta 120 días. Aunque considerablemente de mayor tiempo que el de la orina, el contenido de Cr en los glóbulos rojos sigue siendo un biomarcador de exposición relativamente reciente.

Como anécdota, puede ser más difícil obtener la participación de las personas en los estudios epidemiológicos cuando se recolecta sangre en vez de orina.¹⁰¹ Además, es necesario tener cuidado al recolectar las muestras de sangre para asegurarse de que las muestras no se contaminen con Cr(VI) de las agujas de acero inoxidable, para eliminar este problema se puede utilizar agujas de plástico. También es necesario evitar la confusión de la contaminación con Cr(VI) en los equipos y métodos de laboratorio.

Otras notas acerca de los biomarcadores de exposición al Cr(VI)

A diferencia del plomo y el cadmio que se acumulan en el cuerpo, el Cr(VI) no lo hace. Por consiguiente, como el Dr. Michael Gochfeld de EOHSI señaló, no existen pruebas para determinar la exposición histórica al Cr(VI).¹⁰²

El Perfil toxicológico del cromo de la ATSDR señala que "los niveles de cromo en la sangre u orina que son superiores a los normales pueden indicar que una persona ha estado expuesta al cromo. Sin embargo, un aumento en los niveles de cromo en la sangre y orina no se puede utilizar para predecir el tipo de efectos sobre la salud que se podrían desarrollar a partir de esa exposición".¹⁰³ Las concentraciones de Cr(VI) en la orina y la sangre (especialmente en los glóbulos rojos) sólo pueden indicar una exposición potencial, pero no nos dicen nada sobre el riesgo de desarrollar enfermedades o condiciones específicas.

¹⁰⁰ *Ibidem*

¹⁰¹ Comunicación personal, Dr. Kathy Black, EOHSI.

¹⁰² Comunicación personal, Dr. Michael Gochfeld (EOHSI), 23 de septiembre de 2009.

¹⁰³ ATSDR, Declaración de salud pública sobre el cromo, septiembre de 2008, Sección 1.8, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs7.html>

2. Biomarcadores de efecto

Los biomarcadores de efecto indican una respuesta biológica a una exposición.

Enlaces cruzados de ADN-Proteína (DPC, por sus siglas en inglés)

Los enlaces cruzados de ADN-Proteína (DPC, por sus siglas en inglés) ocurren cuando una sustancia química tóxica reacciona con dos moléculas celulares, ADN y proteínas, y hace que éstas se unan (de forma covalente).¹⁰⁴ Si la reticulación no se puede reparar, el daño al ADN resultante puede ser el precursor de daño cromosómico, y posiblemente de carcinogénesis.

Se sabe que el Cr(VI) causa la formación de DPC. Ya que la formación de DPC es un indicador de daño al ADN, algunos han reconocido su utilidad potencial como un biomarcador de efecto o una herramienta de detección inicial en las poblaciones expuestas al Cr(VI).¹⁰⁵ Varios estudios han encontrado DPC elevado en los linfocitos de ambas poblaciones ocupacionales expuestas al Cr(VI), tales como soldadores y galvanizadores de cromo, así como en las poblaciones residenciales que vivían cerca de los sitios contaminados con Cr(VI).¹⁰⁶ Sin embargo, muchos otros agentes pueden producir DPC, entre ellos el formaldehído, trióxido de arsénico, sulfato de cobre y la luz UV.¹⁰⁷ En consecuencia, sin un ensayo específico para Cr(VI), la presencia de DPC no puede atribuirse únicamente a la exposición al Cr(VI).

Recientemente, Anatoly Zhitkovich de la Universidad de Brown, desarrolló un ensayo sensible que es capaz de identificar específicamente los DPC causados por el Cr(VI). Como se señaló anteriormente, el Cr(VI) es fácilmente absorbido por las células donde se reduce a Cr(III). En el proceso de reducción éste forma una gran variedad de aditivos de ADN, modificaciones químicas anormales donde el ADN se une covalentemente al Cr(III). Una fracción de estos aditivos de Cr(III)-ADN captura proteínas y se convierten en enlaces cruzados de proteína-Cr(III)-ADN.¹⁰⁸ El descubrimiento de este proceso de tres pasos y el papel del Cr(III) en la "creación de puentes" entre el ADN y la proteína fue esencial en el nuevo ensayo de Zhitkovich, que es capaz de cuantificar no sólo el total de DPC, sino también el porcentaje de DPC que son causados por el Cr(VI).¹⁰⁹ Actualmente no se sabe cuánto tiempo tomaría desarrollar el ensayo

¹⁰⁴ Comunicación personal con Anatoly Zhitkovich, 4 de febrero de 2010.

¹⁰⁵ Zhitkovich, A. et al. *Uso de los enlaces cruzados de ADN-proteína como un biomarcador de la exposición al cromo*, Environmental Health Perspectives, agosto 1998; 106 (Supl 4): 969-974

¹⁰⁶ Costa, M., Zhitkovich, A., et al. *Monitoreo de los enlaces cruzados DNA-proteína en linfocitos humanos como biomarcadores de las dosis biológicamente activas de cromo*, Environmental Health Perspectives, Vol. 104, Suplemento 5, octubre 1996

¹⁰⁷ *Ibidem*

¹⁰⁸ Macfie, A., Hagan, E., Zhitkovich, A. *Mecanismo de formación de enlaces cruzados de ADN-proteína por cromo*, Investigación química en toxicología, octubre 2009 (en Internet).

¹⁰⁹ Comunicación personal con Anatoly Zhitkovich, 11 de enero de 2010.

hasta el punto en que pueda utilizarse en un entorno diferente al de laboratorio y cumplir con los criterios esenciales para su uso como biomarcador (tales como la robustez, alto rendimiento, economía, practicidad y mínimamente invasivo).

La vida útil de los linfocitos varía ampliamente, en función del tipo de linfocitos (por ejemplo, células T o células B) y subgrupos dentro de esos tipos, desde unos pocos días a unos pocos años. Por lo tanto, se desconoce hasta qué punto en el pasado se puede evaluar la exposición al Cr(VI) mediante el uso de DPC como biomarcadores.

Hasta el momento, no existen pruebas suficientes para determinar lo que se considera un nivel anormal de DPC. Y a pesar de que se sabe que la formación de enlaces cruzados de ADN-proteína causados por el cromo daña al ADN, un posible paso en el continuo de cáncer, aún no es posible utilizar el DPC como un biomarcador para establecer una correlación con un tipo específico de cáncer o riesgo de cáncer.

Biomarcadores del cáncer

Una clase de efectos que preocupa especialmente a los residentes es el cáncer. Como se dijo anteriormente en este informe, la exposición de los trabajadores al Cr(VI) a través de la inhalación está asociada con un mayor riesgo de desarrollar cáncer de pulmón y posiblemente otros tipos de cáncer, como el de estómago. Los estudios del Programa Nacional de Toxicología sobre la ingestión de Cr(VI) en el agua potable en ratas y ratones mostraron una mayor incidencia de tumores gastrointestinales en los animales.¹¹⁰ En consecuencia, los autores del estudio examinaron la disponibilidad de biomarcadores para la detección temprana de estos tipos de cáncer.

Biomarcadores del cáncer de pulmón

El cáncer de pulmón tiene las tasas de mortalidad más altas que cualquier otro tipo de cáncer en los Estados Unidos. En etapa temprana, el cáncer de pulmón también muestra pocos síntomas y tiende a propagarse con rapidez antes de ser encontrado.¹¹¹

La Red de investigación para la detección temprana del Instituto Nacional del Cáncer, que se especializa en la investigación de biomarcadores de cáncer temprano y riesgo de cáncer señala

¹¹⁰ Programa Nacional de Toxicología, Institutos Nacionales de la Salud, Informe Técnico de NTP sobre los estudios de Toxicidad del Dicromato de Sodio Dihidratado, enero de 2007
http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/ST_rpts/TOX72.pdf

¹¹¹ Instituto Wistar, Comunicado de prensa: Equipo de investigación dirigido por Wistar descubre patrón genético que indica el cáncer de pulmón en etapa temprana, 1 de diciembre de 2009,
http://wistar.org/news_info/pressreleases/pr_12.01.09.htm

que no hay pruebas moleculares de biomarcadores validadas para la detección temprana del cáncer de pulmón¹¹²

Un problema con algunos biomarcadores de cáncer de pulmón potenciales es que carecen de especificidad. "Se han identificado varios biomarcadores de ADN y proteínas, pero la mayoría de los biomarcadores descubiertos previamente se correlacionan con el proceso general de las respuestas inmunes y la carcinogénesis. Por lo tanto, muchos de estos biomarcadores se encuentran en otros tipos de cáncer, y por ello no son específicos para el cáncer de pulmón".¹¹³

Muchas pruebas potenciales de biomarcadores de cáncer de pulmón en desarrollo se encuentran en diferentes fases de descubrimiento, evaluación y validación. Algunas parecen prometedoras, pero todavía no están disponibles comercialmente. Algunos ejemplos de proyectos de biomarcadores en preparación son¹¹⁴:

- Validación de los marcadores de proteína (anticuerpos) del cáncer de pulmón
- Marcadores circundantes de metilación del ADN (un panel de genes)
- Las mutaciones mitocondriales de ADN asociadas con el cáncer de pulmón que son detectables en la sangre

Una investigación particularmente prometedora es el descubrimiento reciente de los investigadores del Instituto Wistar de marcadores del sistema inmune en la sangre que indican las primeras etapas de los tumores de pulmón en personas con alto riesgo de desarrollar cáncer de pulmón. Los hallazgos podrían conducir a un simple análisis de sangre para detectar el cáncer de pulmón en sus primeras fases, que es cuando puede ser tratado con más éxito.¹¹⁵

En la actualidad no existe ninguna prueba de detección sencilla y precisa para la detección y el diagnóstico de cáncer de pulmón en estado temprano, como la mamografía para el cáncer de mama o la colonoscopia para el cáncer de colon. El Instituto Nacional del Cáncer no recomienda las pruebas como la radiografía de tórax, tomografía computarizada y recolección de esputo como pruebas de detección para la población en general. El Dr. Melvin Tockman, Profesor de

¹¹² Instituto Nacional del Cáncer, Red de investigación para la detección temprana, Cuarto Informe, enero de 2008. http://edrn.nci.nih.gov/docs/progress-reports/edrn_4th-report_200801.pdf

¹¹³ Cho J, Sung H. *Enfoques proteómicos en el desarrollo de biomarcadores del cáncer de pulmón*, Rev. experta de proteómica. 2009;6(1):27-42

¹¹⁴ Instituto Nacional del Cáncer, Red de investigación para la detección temprana, Cuarto Informe, enero de 2008. http://edrn.nci.nih.gov/docs/progress-reports/edrn_4th-report_200801.pdf

¹¹⁵ Instituto Wistar, Comunicado de prensa: Equipo de investigación dirigido por Wistar descubre patrón genético que indica el cáncer de pulmón en etapa temprana, 1 de diciembre de 2009, http://wistar.org/news_info/pressreleases/pr_12.01.09.htm

Oncología y Medicina de la Universidad del Sur de Florida, confirmó que "no existe una prueba aprobada para la detección del cáncer de pulmón de la población general. Ni la tomografía computarizada ni la radiografía de tórax están aprobadas para la detección del cáncer de pulmón en la población general".¹¹⁶ Hay varias razones para esto, entre ellas:¹¹⁷

- No se ha demostrado que la radiografía de tórax y citología de esputo o tomografías computarizadas ayuden a la reducción de la mortalidad por cáncer de pulmón
- Tanto las radiografías de tórax como las tomografías computarizadas exponen a las personas a la radiación
- Pruebas positivas falsas pueden conducir a la ansiedad y procedimientos de diagnóstico invasivos, tales como la biopsia percutánea con aguja (biopsia pulmonar) o toracotomía (cirugía torácica). Estos procedimientos de seguimiento tienen potenciales complicaciones graves, entre ellas el colapso parcial del pulmón, hemorragia, infección, dolor, daño del nervio torácico y malestar.
- La tomografía computarizada y los rayos X pueden detectar pequeños tumores que nunca se convertirían en mortales. Este fenómeno, llamado diagnóstico exagerado, pone a algunos de los destinatarios de la detección en riesgo de biopsias o cirugías innecesarias, así como tratamientos innecesarios para el cáncer, como la quimioterapia o la radioterapia.

En la actualidad varios estudios observacionales están evaluando la eficacia de la tomografía computarizada helicoidal de dosis bajas (LDCT, por sus siglas en inglés) en la detección del cáncer de pulmón en estado I. En el Proyecto de Acción Temprana para el Cáncer de Pulmón (ELCAP, por sus siglas en inglés) la LDCT detectó casi seis veces más cáncer de pulmón en estado I que la radiografía de tórax y la mayoría de los tumores no tenían más de 1 cm de diámetro. Aún no se ha evaluado la eficacia de la LDCT en un ensayo clínico controlado.¹¹⁸

Biomarcadores del cáncer gastrointestinal

Hasta ahora, no hay biomarcadores disponibles para el cáncer oral, de esófago, de estómago o de intestino delgado. Al igual que con el cáncer de pulmón, hay biomarcadores en desarrollo que se encuentran en diferentes fases de descubrimiento, evaluación y validación. Algunos proyectos incluyen la validación de un ensayo basado en la saliva para el cáncer oral y la investigación de ADN metilado en plasma para la detección temprana del adenocarcinoma de esófago.¹¹⁹

¹¹⁶ Comunicación personal con el Dr. Melvyn Tockman, 28/10/09 y 30/10/09.

¹¹⁷ Instituto Nacional del Cáncer, Detección del cáncer de pulmón, Evidencia del beneficio (página web) <http://www.cancer.net.gov/cancertopics/pdq/screening/lung/HealthProfessional/page4>

¹¹⁸ *Ibidem*

¹¹⁹ Instituto Nacional del Cáncer, Red de investigación para la detección temprana, Cuarto Informe, enero de 2008, p. 44. http://edrn.nci.nih.gov/docs/progress-reports/edrn_4th-report_200801.pdf

3. *Biomarcadores de susceptibilidad*

Los biomarcadores de susceptibilidad detectan y miden la susceptibilidad de un individuo (ya sea innata o inducida) a los efectos de exposición a una sustancia tóxica.¹²⁰ Ejemplos incluyen la actividad de enzimas específicas implicadas en la activación o desintoxicación de una sustancia química específica, o la capacidad para reparar un daño determinado del ADN. No se han identificado biomarcadores de susceptibilidad específicos para el Cr(VI).

V. EXPERTOS CONSULTADOS

Como se señaló anteriormente, parte del requisito de estudio de salud de la Sentencia de Consentimiento es que el Administrador del Sitio "hable con expertos en el campo". En este sentido, los autores del estudio se comunicaron con expertos técnicos que pudieran contribuir a su comprensión de:

- Rutas de exposición y vías de exposición (pasadas, presentes y futuras relacionadas con el saneamiento)
- Los posibles riesgos de salud relacionados con el cromo y sus resultados (cancerígenos y no cancerígenos)
- El estado de las técnicas de biovigilancia relevantes, por ejemplo:
 - biovigilancia en los fluidos corporales y tejidos del cuerpo
 - biomarcadores para la detección temprana del cáncer
 - biomarcadores para los cambios relacionados con el cromo en la expresión de proteínas
 - pruebas radiológicas
- Protocolos del estudio de salud para mitigar los efectos sobre la salud

Los autores del estudio buscaron expertos con experiencia en:

- La dirección de investigaciones en epidemiología ocupacional y ambiental
- La evaluación de la exposición ambiental y los resultados de salud
- La cuantificación del riesgo
- El desarrollo de exámenes médicos y programas de vigilancia
- El desarrollo de módulos de educación sobre la salud ambiental de la comunidad para los proveedores de atención médica

En última instancia, se consultó a 19 expertos en salud y ciencia con experiencia en las siguientes áreas:

¹²⁰ *Ibidem*

- Evaluación de riesgos
- Toxicología
- Medicina ambiental
- Farmacología
- Carcinogénesis de los metales pesados
- Detección del cáncer e investigación de biomarcadores
- Epidemiología ambiental
- Farmacocinética
- Medicina ocupacional
- Control biológico
- Impacto medioambiental y transporte
- Biomarcadores de Cr(VI)

El Apéndice C contiene una lista de los expertos consultados y sus afiliaciones.

VI. ESTABLECER EL CONTEXTO DE LOS ESTUDIOS DE SALUD

Los datos recopilados a partir de la revisión de estudios de salud y discusiones con expertos se utilizaron para evaluar los escenarios de exposición para la comunidad del sitio de Garfield Avenue, en términos generales. Para los residentes de esta comunidad, hay tres períodos de exposición potencial a Cr(VI) que se deben tener en cuenta: exposición pasada, exposición actual y exposición futura. Los lectores de este estudio deben entender que esta discusión se presenta en términos generales y no constituye una evaluación del riesgo real para los residentes de la comunidad.

A. EXPOSICIÓN PASADA

La historia de procesamiento de cromo en el sitio de Garfield Avenue y el uso de CCPW en toda la zona, genera inquietud en los residentes en relación con los posibles efectos de salud relacionados con el Cr(VI). Los estudios del polvo doméstico en la década de 1990 demostraron que una mayor proximidad a los vertederos de residuos de CCPW en Jersey City se equiparaba con el aumento de las concentraciones totales de Cr en el polvo doméstico y niveles elevados de Cr total en la orina de los niños que vivían en estas casas. Sin embargo, los estudios de seguimiento también demostraron que una vez que los sitios de CCPW habían sido saneados, las viviendas estudiadas previamente situadas cerca de los sitios mostraron una disminución drástica en las concentraciones totales de Cr en un nuevo muestreo. Estos resultados sugieren que a medida que se sanearon los sitios de CCPW y se eliminó la fuente de cromo, también disminuyó la exposición potencial al cromo.

Concentraciones de Cr(VI) en el aire ambiental

Unos cuantos estudios publicados entre 1991 y 1997 recolectaron muestras de aire para determinar la presencia de Cr(VI) en entornos ocupacionales y residenciales en el Condado de Hudson. A pesar de que no fueron específicas para el sitio de Garfield Avenue, estas muestras ofrecen una idea general de las condiciones que pudieron haber existido en la zona en ese entonces.

- El aire interior y aire exterior en un sitio de CCPW parcialmente pavimentado con el tráfico de camiones pesados:¹²¹ Las concentraciones de Cr(VI) oscilaron entre 0.57 y 27 ng/m³; la media geométrica fue de 2.5 ng/m³
- Aire interior en las residencias de Jersey City alejadas de los sitios de CCPW:¹²² Las concentraciones de Cr(VI) oscilaron entre 0.38 y 3.3 ng/m³; la media fue de 1.2 ng/m³ (Concebidas como concentraciones "basales" para su comparación con las muestras de aire de los sitios industriales contaminados con CCPW)
- Las concentraciones basales en el aire en Newark, NJ y Lyndhurst, Condado de Hudson, NJ oscilaron entre 0.2 y 3.8 ng/m³ en Newark y oscilaron entre 0.4 y 1.7 ng/m³ en Lyndhurst.¹²³

Estas cifras sugieren que en un entorno urbano existe un bajo nivel basal de Cr(VI), incluso en el aire interior. En ausencia de datos reales para el sitio de Garfield Avenue o sus proximidades para la década de 1990, los autores del estudio suponen que las concentraciones en el aire ambiental habrían estado alrededor de los 10 ng/m³. (La concentración de Cr(VI) más reciente en el aire ambiental en el sitio de Garfield Avenue que se encuentra disponible al público es de 2.14 ng/m³ que se recolectó en septiembre de 2007).

Para tratar de determinar si los niveles de Cr(VI) en Jersey City pudieron haber representado una amenaza para los residentes en el pasado, los autores del estudio buscaron estudios de comunidades que también estuvieron expuestas desde el punto de vista ambiental al Cr(VI) en el aire. Bajo ATSDR se evaluaron dos comunidades de California ubicadas cerca de instalaciones de cromado, la instalación de Abex/Remco en Willits, CA y las instalaciones de Chrome Crankshaft/J&S Chrome Plating en Bell Gardens, CA. El muestreo de aire y modelado de aire que se llevaron a cabo para estas comunidades, así como los análisis del registro de cáncer realizados para las dos comunidades también proporcionan algunos datos para evaluar la comunidad de Garfield Avenue.

- En Willits, CA Abex/Remco funcionó entre 1963 y 1995; el modelado de aire condujo a concentraciones medias anuales estimadas de Cr(VI) que oscilaron entre 50.0 ng/m³ y 10,000 ng/m³, para el periodo de 1968 a 1975 y entre 20.0 ng/m³ y 1,000 ng/m³ para el

¹²¹ *Una evaluación y análisis de incertidumbre cuantitativa de los riesgos para la salud de los trabajadores expuestos a los suelos contaminados con cromo*, Paustenbach, D. et al., Toxicology and Industrial Health (1991) 7: 159-196

¹²² *Validación de campo para el muestreo y análisis del cromo hexavalente transportado por el aire*, Finley, B, et al. Appl. Occup. Environ. Hyg. (1993) 8(3), 191-200

¹²³ *Concentraciones basales de Cr(VI) en el aire en el Condado de Hudson, Nueva Jersey: Implicaciones de establecer normas basadas en la salud para el Cr(VI) en los suelos*, Scott, PK et al, J. Air & Waste Manage. Assoc. (1997) 47:592-600

periodo de 1976 a 1989 (y posiblemente tan altas como 20,000 ug/m³ o superiores).¹²⁴ Una revisión del registro de cáncer que se llevó a cabo para la comunidad de Willits encontró que el número de casos de cáncer de pulmón y cáncer de las vías respiratorias fue mayor que el número esperado, pero no halló la elevación estadísticamente significativa.¹²⁵

- En Bell Gardens, CA dos antiguas instalaciones de cromado, Chrome Crankshaft, Inc. y J&S Chrome Plating, funcionaron entre 1963 y 1999 y entre 1953 y 1991, respectivamente. Una Consulta de Salud Pública encontró que en el área a sotavento de las instalaciones, las tasas de cáncer fueron las que se esperaría bajo circunstancias normales. Las tasas de cáncer en general y de cáncer de pulmón fueron menores que las esperadas en hombres caucásicos, pero en las mujeres caucásicas se encontraron tasas de cáncer de pulmón ligeramente más altas que las esperadas. No se encontraron tasas de cáncer que pudieran atribuirse a las instalaciones.¹²⁶ Las muestras analizadas (mientras las dos instalaciones seguían en operación) fueron de hasta 430.0 ng/m³.¹²⁷
- En el año 2000, el Departamento de Servicios de Salud de California llevó a cabo un estudio de cohorte retrospectivo en el que se examinó si los niños expuestos al Cr(VI) transportado por el aire tuvieron mayor riesgo de asma en función de la asistencia a las escuelas ubicadas al lado de dos instalaciones emisoras de cromo en Bell Gardens, CA.¹²⁸ La concentración más alta de Cr(VI) en el aire que se midió en las proximidades de las escuelas fue de 430 ng/m³. La prevalencia de asma en la comunidad fue similar o inferior a la reportada para otras comunidades. El análisis no respaldó una asociación entre el desarrollo de asma entre los niños y la exposición a Cr(VI) transportado por el aire por asistir a una escuela ubicada al lado de una instalación emisora de Cr(VI).¹²⁹

Cáncer de pulmón

¹²⁴ Departamento de Servicios de Salud de California, *Evaluación en materia de salud pública: Evaluación de la exposición histórica a las emisiones de aire de la instalación hidráulica de Abex/Remco, Willits, Condado de Mendocino, California* (Julio de 2004) <http://www.ehib.org/cma/projects/AbexRemcoFinalAirPHA.pdf>

¹²⁵ ATSDR, *Evaluación de las posibilidades y limitaciones de los estudios de salud en la instalación hidráulica de Abex/Remco* (11/07/06) <http://www.ehib.org/cma/projects/AbexHC.pdf>

¹²⁶ Departamento de Servicios de Salud de California, *Revisión de las tasas de cáncer en las Inmediaciones de Chrome Crankshaft Company y J & S Chrome Plating Company* (enero de 2003) http://www.atsdr.cdc.gov/hac/pha/pha/chromecrankshaft/jsc_p1.html

¹²⁷ *Ibidem*

¹²⁸ ATSDR, *Asma y afecciones respiratorias relacionadas entre niños: Un estudio sobre la asistencia a una escuela próxima a dos instalaciones de cromado [Chrome Crankshaft y J&S Chrome Plating, Condado de Los Ángeles]* (febrero 2005) <http://www.ehib.org/cma/projects/CCHHealthStudy.pdf>

¹²⁹ *Ibidem*

Muchos residentes están conscientes del hecho de que la exposición ocupacional al Cr(VI) ha sido relacionada a un mayor riesgo de desarrollar cáncer de pulmón. En consecuencia, algunos residentes temen que la exposición pasada a CCPW también puede haberlos expuesto a un mayor riesgo de desarrollar cáncer de pulmón. Algunos puntos que se deben tener en consideración:

- Las exposiciones ocupacionales al Cr(VI) asociadas con el desarrollo de cáncer de pulmón, de acuerdo con el Perfil Toxicológico del Cromo de la ATSDR, oscilan entre 100 y 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- No hay estudios disponibles que demuestren una relación de causa y efecto entre la exposición ambiental al Cr(VI) y el desarrollo de cáncer de pulmón (incluidos los estudios de la ATSDR a los que se hace referencia más arriba).
- Un estudio sobre la incidencia de cáncer de pulmón realizado por el NJDHSS para Jersey City encontró que una mayor incidencia de cáncer de pulmón para los residentes que viven cerca de los sitios de CCPW no era considerada estadísticamente significativa.
- Los autores del estudio también analizaron si había biomarcadores y/o técnicas de detección disponibles para la detección temprana del cáncer de pulmón o si se habían recomendado para esta comunidad. Aunque hay biomarcadores en diversas etapas de desarrollo, todavía no hay ninguno disponible para uso general. Además, el Instituto Nacional del Cáncer actualmente no recomienda el uso de la radiografía de tórax, análisis de esputo y/o tomografía computarizada como herramientas de detección de cáncer de pulmón en la población general.

Cáncer GI

El estudio de NTP sobre el Cr(VI) en el agua potable (dicromato de sodio dihidratado) mostró evidencia de cáncer oral en ratas y evidencia de cáncer de estómago en ratones. A la luz de esto, es razonable tomar en consideración las inquietudes de los residentes de que en el pasado los niños pudieron haber estado expuestos al suelo contaminado con Cr(VI) a través de ingestión incidental y pueden experimentar efectos potenciales para la salud. Algunos puntos que se deben tener en consideración:

- En el estudio, sólo se produjo un aumento estadísticamente significativo de cánceres orales en la dosis más alta sometida a ensayo (516 mg/L) en ratas tanto machos y como hembras.
- Sólo se produjo un aumento estadísticamente significativo de los tumores del intestino delgado en la dosis más alta sometida a ensayo en ratones machos (257.4 mg/L) y en las dos dosis más altas sometidas a ensayo en ratones hembra (172 y 516 mg/L).
- El investigador de Cr(VI) Dr. Silvio DeFlora señaló en sus comentarios sobre el estudio NTP que "la concentración más alta sometida a ensayo (516 mg/L) correspondería a

ingerir aproximadamente 1 g de dicromato de sodio dihidratado todos los días durante dos años en un hombre de 70 kg".¹³⁰ Estas dosis son enormes.

- Al igual que con el cáncer de pulmón, actualmente no hay biomarcadores disponibles para los tipos de cáncer gastrointestinal (oral, de esófago, de estómago o de intestino delgado).

B. EXPOSICIÓN ACTUAL

Actualmente el sitio de Garfield Avenue se encuentra cubierto por una red de tapas que evitan que los suelos contaminados entren en contacto con el aire ambiental. Es la opinión de varios de los expertos, con quienes los autores del estudio hablaron, que la exposición actual de los residentes a CCPW es mínima o ninguna. Después de haber caminado por el lugar, el Dr. Max Costa, un perito investigador con reconocimiento a nivel nacional en Cr(VI), apoyó esta conclusión.¹³¹ Recientes estudios del EOHSI sobre el polvo doméstico sugieren que el sitio de Garfield Avenue no es una fuente del Cr(VI) en los hogares de las proximidades y que las concentraciones de Cr(VI) en el aire ambiental son extremadamente bajas:

- Una muestra recopilada por el personal del EOHSI en el sitio de Garfield Avenue en septiembre de 2007 midió 2.14 ng/m³ de Cr(VI) en el aire.¹³² Para comparar: Las exposiciones ocupacionales por inhalación de Cr(VI) a partir de 2 ug/m³ (casi 100 más altas que la medición en el aire ambiental) se han asociado con efectos nasales, respiratorios, renales, hepáticos y gástricos no cancerígenos. Las exposiciones ocupacionales al Cr(VI) entre 100 y 500 ug/m³ (casi entre 50,000 y 250,000 veces más altas que la medición en el aire ambiental) se han asociado con cáncer de pulmón y otros tipos de cáncer de las vías respiratorias.
- Una comparación de los niveles de Cr(VI) en el polvo doméstico de las viviendas en Jersey City y las viviendas en New Brunswick encontró concentraciones similares. Los resultados del estudio sugieren que la fuente de Cr(VI) en las viviendas de Jersey City es algo diferente a CCPW.

Por otra parte, se ha puesto en marcha el Programa de Inspección Residencial para abordar las inquietudes de los residentes que temen que pueda haber contaminación residual de Cr(VI) en su propiedad. Este programa determinará a través de inspecciones y muestreo si hay niveles

¹³⁰ Comentario público sobre TR546 (dicromato de sodio dihidratado), Silvio DeFlora, mayo de 2007, http://ntp.niehs.nih.gov/files/TR546_Cmts_SilviodeFlora03May07.pdf

¹³¹ Comunicación personal con el Dr. Max Costa, 1 de octubre de 2009.

¹³² *Informe final: Exposición al cromo y efectos sobre la salud en el Condado de Hudson: Fase I*, Lioy, P. y Gochfeld, M., Instituto de Ciencias de la Salud Ocupacional y Ambientales, noviembre de 2008 <http://njedl.rutgers.edu/ftp/PDFs/5778.pdf>

elevados de Cr(VI). Cualquier valor excedente será saneado de conformidad con las normas prescritas por el DEP.

C. EXPOSICIÓN FUTURA

Existe la preocupación de que una vez que se retire el recubrimiento y se dé inicio al saneamiento, se creará polvo a partir del suelo subyacente que podría volar fuera del sitio y contaminar el barrio. Con el fin de evitar que esto suceda, PPG está obligado a implementar un programa sólido de control de la calidad del aire para medir los niveles de Cr(VI) y las partículas totales en el sitio y en el perímetro del sitio para asegurarse de que no salgan niveles elevados de la propiedad. Para garantizar que los receptores externos al sitio estén protegidos, el programa de control de la calidad del aire necesitará:

- El desarrollo de un límite de concentración basado en el riesgo para el Cr(VI) en el aire ambiental mediante una metodología de EPA (o una metodología comparable) para el riesgo de cáncer (que represente el riesgo promedio acumulado a lo largo de la duración del proyecto de saneamiento).
- El cálculo de un Nivel de Acción para el polvo total (como un derivado del Cr(VI)) para controlar la zona de trabajo de la excavación y el perímetro del sitio. Si el control detecta que se ha excedido el Nivel de Acción, se tomarán medidas para identificar la fuente de las partículas, reducir el polvo, o de ser necesario, detener el trabajo hasta que sea posible tomar medidas para disminuir los niveles de polvo por debajo del Nivel de Acción.
- El control constante de los niveles de partículas aéreas en los sitios de trabajo y el perímetro durante las actividades de saneamiento que perturben los suelos del sitio.
- La comparación de los datos analíticos con la concentración basada en el riesgo para asegurar que no haya valores excedentes.

Estas medidas minimizarán la exposición de la comunidad a los suelos contaminados con Cr(VI) durante todo el proceso de saneamiento y garantizará la protección de la salud pública.

Además, como se mencionó anteriormente, si el Programa de Inspección Residencial detecta concentraciones elevadas de Cr(VI) en las propiedades residenciales, se saneará la contaminación y se eliminará cualquier exposición adicional.

VII. PROGRAMA RECOMENDADO DE PREVENCIÓN Y PRUEBAS DE EXPOSICIÓN PARA LA COMUNIDAD

Al considerar la posibilidad de recomendar que "se lleve a cabo un estudio de exposición de la salud para los residentes que viven en las inmediaciones de Garfield Avenue" de conformidad con la Sentencia de Consentimiento, el Administrador del Sitio consultó varios expertos en salud y ciencia y revisó docenas de estudios, tanto específicos para el Condado de Hudson, Nueva Jersey y más amplios sobre la exposición al Cr(VI) y los efectos de salud relacionados. Después de una revisión exhaustiva de los datos y la información recopilada, el Administrador del Sitio desarrolló una serie de recomendaciones preliminares que se compartieron con las partes en el acuerdo. Estas recomendaciones se han incorporado ampliamente en las medidas de protección de la salud que se han previsto para las actividades de limpieza en el sitio de Garfield Avenue. Con base en las revisiones del plan de trabajo de limpieza que se realizaron con posterioridad a las recomendaciones preliminares, el Administrador del Sitio cree que las medidas de protección protegerán la salud y garantizarán la seguridad de los residentes que viven cerca del sitio de Garfield Avenue.

El Administrador del Sitio recomienda un Programa recomendado de prevención y pruebas de exposición para la comunidad. El programa recomendado se compondrá de tres niveles: 1) un Programa ampliado de control de la calidad del aire para garantizar la protección de la comunidad circundante durante el saneamiento del sitio de Garfield Avenue, 2) un programa adjunto de exposición y pruebas para determinar si la comunidad está siendo expuesta a Cr(VI) relacionado con la limpieza del sitio, y 3) un proyecto de mapeo que utiliza los resultados del Programa de inspección residencial establecido por el acuerdo para delinear las áreas de contaminación del suelo, si se detectan. Además, el Administrador del Sitio recomienda medidas para promover la segunda fase del estudio de EOHSI sobre el polvo doméstico.

Los detalles preliminares del Programa recomendado de prevención y pruebas de exposición para la comunidad se describen a continuación.

A. PROGRAMA DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE

Las actividades asociadas con la excavación, el tratamiento in situ y/o ex situ y la eliminación del CCPW del sitio de Garfield Avenue presentan oportunidades para generar polvo en el sitio de trabajo con el potencial de emigrar fuera del sitio hacia la comunidad circundante. En virtud de los reglamentos del DEP que rigen el saneamiento del sitio, PPG está obligado a elaborar un Plan de control de la calidad del aire (AMP, por sus siglas en inglés) para proteger la salud y seguridad de los residentes durante actividades invasivas en el terreno. El Administrador del Sitio recomienda un programa ampliado con elementos específicos añadidos al AMP final con el fin de asegurar que no escapen niveles elevados de Cr(VI) fuera del sitio. Estos elementos incluyen:

- El cálculo de un límite de concentración basado en el riesgo para el Cr(VI) con base en la exposición a largo plazo (más de un año),
- El cálculo de un Nivel de Acción específico para el control del polvo total en la zona de exclusión (trabajo) y el perímetro del sitio,
- El establecimiento de las condiciones de línea de base antes de las actividades de saneamiento,
- El control continuo del total de partículas aéreas y los niveles de Cr(VI) en los sitios de trabajo y en la cerca (perímetro),
- El uso de los datos del control para confirmar que el polvo y el Cr(VI) se están controlando con éxito, así como evaluar la necesidad de iniciar acciones para mitigar la generación de polvo en tiempo real a medida que la excavación avanza,
- Publicación en la web de los datos del control para acceso del público, y
- Revisión de las actividades y datos del programa por el consultor técnico independiente.

PPG ha presentado al DEP un AMP revisado que lleva por título *Plan de trabajo para el control de la calidad del aire durante las actividades invasivas en el terreno del sitio de Garfield Avenue en Jersey City, Nueva Jersey*, con fecha de enero 2010. En la siguiente discusión de los elementos recomendados para el AMP ampliado, se hará una comparación con el plan propuesto por PPG.

1. Límite de concentración basado en el riesgo para el Cr(VI)

El Administrador del Sitio recomienda el desarrollo de un límite de concentración basado en el riesgo para el Cr(VI) para el proyecto del sitio de Garfield Avenue en función del número total de días de las actividades invasivas en el terreno. Este límite de concentración basado en el riesgo representaría la concentración promedio de Cr(VI) en el aire para todo el periodo de las actividades de saneamiento invasivas. La concentración de Cr(VI) se mediría de forma continua en la zona de excavación y en el perímetro del sitio, y se compararía con el límite de concentración basado en el riesgo. La medida de Cr(VI) en un lugar de control determinado podría exceder el límite de concentración basado en el riesgo de forma temporal, siempre que la concentración promedio a largo plazo se mantenga por debajo del límite de concentración basado en el riesgo.

Para calcular el límite de concentración basado en el riesgo, el Administrador del Sitio recomienda utilizar la metodología de la EPA para la evaluación de riesgos, para representar el riesgo promedio acumulado a lo largo de la duración de las actividades de excavación. La relación entre la concentración de Cr(VI) en el aire y el riesgo estimado se evalúa mediante las técnicas de evaluación de riesgo establecidas y los valores predeterminados establecidos por la EPA. Honeywell, Inc. empleó esta metodología para calcular el límite de concentración basado

en el riesgo para el Cr(VI) en su excavación de CCPW de cinco años recientemente finalizada en 441 Route 440 en Jersey City (el antiguo sitio de Roosevelt Drive-In).

El Plan de control de la calidad del aire que PPG presentó en enero de 2010 sí presenta un límite de concentración para el Cr(VI) en el aire ambiental (denominado "concentración de aire aceptable") de $0.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$; sin embargo, éste fue desarrollado con un cálculo para exposiciones a corto plazo (menos de un año) y una Concentración de Referencia (RfC, por sus siglas en inglés) para inhalación crónica para criterios de valoración no cancerígenos. El cálculo se fundamenta en la suposición de que las actividades de saneamiento invasivas se llevarán a cabo durante más de 120 días. Sin embargo, una evaluación preliminar del número total de días de trabajo invasivo en el proyecto (derivado del Programa Maestro), estima un total de 690 días a lo largo de aproximadamente 5 años, con una media de 138 días al año. Debido a que el número total de días es superior a un año, el cálculo de corta duración no es válido para este proyecto.

Por consiguiente, el DEP ha desarrollado una concentración de aire aceptable revisada para el Cr(VI) en el sitio de Garfield Avenue. El cálculo del DEP sigue la metodología de la EPA para la evaluación de riesgos, y utiliza una exposición de más tiempo (5 años, 138 días por año) y supone un aumento de 1×10^{-6} (1 en 1 millón) en el riesgo de cáncer. También incorpora un modelo de dispersión del aire para tener en cuenta la disipación en la masa de partículas de Cr(VI) (debido a la sedimentación, los patrones de viento, contenido de humedad, etcétera) antes de alcanzar el perímetro del sitio. La concentración de aire revisada es de $49.12 \text{ ng}/\text{m}^3$. Este valor es más de 100 veces inferior (es decir, más seguro) que el límite de exposición permitido (PEL, por sus siglas en inglés) por OSHA para el Cr(VI) de $5.0 \text{ ug}/\text{m}^3$.¹³³

Con base en las revisiones del plan que se realizaron con posterioridad a las recomendaciones preliminares sobre este tema, el Administrador del Sitio siente que esta nueva concentración de aire basada en el riesgo protegerá la salud y garantizará la seguridad de los residentes que viven cerca del sitio de Garfield Avenue.

2. Niveles de acción y Sistema de alerta temprana

Con el fin de proteger a los miembros de la comunidad contra los efectos adversos del Cr(VI) y las partículas sobre la salud, el Administrador del Sitio recomienda el desarrollo de un Nivel de Acción para el polvo y Cr(VI) para el marco de tiempo que abarcan las actividades invasivas en

¹³³ El límite de exposición permitido (PEL, por sus siglas en inglés) es un estándar de exposición ocupacional y es la concentración de un contaminante en el aire, calculado como un promedio de 8 horas de tiempo ponderado (TWA, por sus siglas en inglés), por encima del cual no se debe exponer un trabajador. De acuerdo con CFR 1910.1026(c), "el empresario garantizará que ningún empleado se exponga a una concentración de cromo (VI) en el aire de más de 5 microgramos por metro cúbico de aire ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$)", calculado como un TWA de 8 horas.
[http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=13096#1910.1026\(c\)](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=13096#1910.1026(c))

el sitio. Ya que no es posible medir el Cr(VI) en tiempo real, también se calcularía un Nivel de Acción sustituto en tiempo real para el total de partículas (PM₁₀). El Nivel de Acción es la concentración de partículas en el aire ambiental que desencadena una nueva evaluación, limitación o el cese de las actividades que generan polvo en el sitio hasta que las concentraciones de aire puedan reducirse.

El PM₁₀ se medirá continuamente en los puntos del perímetro y se reportará como promedios de 15 minutos y se comparará con el Nivel de Acción. Como una medida de seguridad adicional, las mediciones continuas de PM₁₀ en la Zona de exclusión (trabajo) se reportarán como promedios de 5 minutos. Los valores que excedan el Nivel de Acción en la Zona de exclusión advertirán al personal de seguridad del sitio sobre la necesidad de realizar evaluaciones adicionales o mediciones de control del polvo en la fuente de polvo, antes de que se alcance el Nivel de Acción en el perímetro del sitio. Esto actuará como una especie de sistema de alerta temprana y proporcionará tiempo adicional para evaluar la fuente de polvo, emplear procedimientos agresivos para el control del polvo o limitar las operaciones con el fin de evitar una exposición elevada al exterior del sitio.

Los datos analíticos existentes para el suelo se utilizarán para establecer los criterios iniciales para el Nivel de Acción del proyecto. Los datos del control recopilados durante los primeros meses de las actividades de excavación se pueden utilizar para obtener una mejor definición de la relación entre el Cr(VI) y los niveles de polvo medidos en el ambiente, y se pueden utilizar para evaluar o refinar aún más el Nivel de Acción para el polvo y las ubicaciones para el control de la calidad del aire en tiempo real.

El Plan de control de la calidad del aire que PPG presentó en enero de 2010 propuso un Nivel de Acción para el total de partículas (como un derivado del Cr(VI)) que se basaba en un cálculo para las actividades de corta duración que no es apropiado para este proyecto de largo plazo (véase más arriba la discusión del punto 1.) El DEP desde entonces ha calculado un nuevo Nivel de Acción de 333 ug/m³ en base a la concentración real de cromo hexavalente en los suelos del sitio. Este cálculo se considera aceptable para la derivación de los niveles de acción para el total de partículas específico del sitio, siempre que los resultados analíticos para las muestras de cromo hexavalente encontradas no excedan 49.12 ng/m³.

Con base en las revisiones del plan de trabajo de limpieza que se realizaron con posterioridad a las recomendaciones preliminares sobre este tema, el Administrador del Sitio siente que este nuevo Nivel de Acción protegerá la salud y garantizará la seguridad de los residentes que viven cerca del sitio de Garfield Avenue.

3. Control en el sitio y perímetro

A lo largo de las actividades de excavación, la generación de polvo se controlará visualmente y con instrumentos de monitoreo de partículas, entre ellos los controles de lectura directa "en

tiempo real" y dispositivos de muestreo con cartucho de filtración, que recolectan el polvo en el aire para el análisis posterior en laboratorio del Cr(VI) y partículas totales. El Administrador del Sitio recomienda un enfoque de dos niveles para evaluar los niveles de contaminación en el aire para garantizar eficazmente que se detectará la contaminación potencial en el aire de la zona de excavación antes de que ésta afecte a los residentes. Se utilizará una combinación de equipo de control fijo y móvil para tomar muestras y controlar las dos zonas recomendadas: la zona de excavación y el perímetro del sitio.

Si los datos del control de la calidad del aire indican que las partículas aéreas presentes sobrepasan los Niveles de Acción, será necesario volver a evaluar las actividades del sitio, volver a evaluar las prácticas laborales de los trabajadores individuales y/o los cambios en las prácticas de gestión del polvo. El trabajo se detendrá si las condiciones así lo requieren.

Control de la Zona de exclusión (trabajo)

El control de la calidad del aire en tiempo real para PM₁₀ se recolectará de forma continua (promedio de datos de 5 minutos para un periodo de 8 a 10 horas por día, 5 días a la semana) en cuatro estaciones de la zona de exclusión. La recopilación continua de datos de los niveles de PM₁₀ servirá como un derivado de Cr(VI) en tiempo real. Las ubicaciones de las cuatro estaciones de vigilancia de la zona de exclusión rodearán el área donde se realizará la actividad invasiva diaria del sitio, y se reubicarán de acuerdo a como sea necesario durante todo el programa. Todos los datos en tiempo real de las estaciones de la zona de exclusión se transmitirán continuamente por telémetro a la estación central de control de la calidad del aire (como promedios de datos de 5 minutos) situada en la propiedad del sitio y, posteriormente, se compararán con el Nivel de Acción desarrollado para el sitio. Las acciones correctivas se tomarán si/cuando cualquiera de estos puntos supere un nivel de acción.

Además de la recopilación continua de datos para las partículas, se llevará a cabo un muestreo diario (5 días a la semana) integrado de partículas (PM₁₀) y Cr(VI) en las cuatro estaciones de la zona de exclusión. El Administrador del Sitio recomienda comparar las concentraciones medidas con el Nivel de Acción y el límite de concentración basado en el riesgo para el Cr(VI).

Control del perímetro del sitio

El Plan de control de la calidad del aire actual de PPG propone el control del perímetro del sitio para demostrar que las actividades de excavación y las operaciones de manipulación de materiales no dan lugar a que las concentraciones de partículas totales en el aire ambiental superiores al Nivel de Acción alcancen las residencias o comercios cercanos. El Administrador del Sitio recomienda ampliar esto para incluir un límite de concentración basado en el riesgo (nivel de detección) para Cr(VI).

En el marco del plan ampliado, el control de la calidad del aire en tiempo real para PM_{10} se llevará a cabo continuamente (24 horas al día, 7 días a la semana) en cuatro puntos fijos del perímetro del sitio, así como en cuatro puntos móviles de control de la calidad del aire en el perímetro (durante 8 a 10 horas al día, 5 días a la semana). Todos los datos en tiempo real se compararán con el Nivel de Acción. Además, se llevará a cabo el muestreo diario integrado (8 a 10 horas al día, 5 días a la semana) para PM_{10} y Cr(VI). Las concentraciones medidas se compararán con el Nivel de Acción y el límite de concentración basado en el riesgo para el Cr(VI).

El PM_{10} se medirá en los ocho puntos de control de la calidad del aire en el perímetro de forma continua y se reportará como promedios de 15 minutos. Si un promedio de 15 minutos para la concentración de PM_{10} rebasa el Nivel de Acción en el perímetro del sitio o si se observa que el polvo transportado por el aire sale de los límites de la propiedad, se implementarán evaluaciones adicionales y medidas de control del polvo en el punto identificado como el causante de las lecturas elevadas. En este punto, el trabajo puede continuar a discreción del personal de seguridad del sitio.

Un segundo promedio de 15 minutos para la concentración de PM_{10} que rebase el Nivel de Acción en el perímetro del sitio será motivo para detener y volver a evaluar las actividades invasivas en el punto identificado como el causante de las lecturas elevadas. El trabajo se reanudará siempre y cuando las medidas de supresión del polvo y demás controles tengan éxito en reducir las concentraciones a un nivel inferior al Nivel de Acción en todas las estaciones del perímetro durante 15 minutos y prevenir la migración del polvo visible fuera del lugar de trabajo.

Control de la línea base

El Administrador del Sitio recomienda que antes de iniciar las actividades de excavación, se debe realizar el control de la línea base durante al menos cinco días consecutivos para cuantificar los niveles "basales" para el Cr(VI) y las partículas totales. El esperado programa de muestreo basal de 5 días implicará la recolección de datos sobre PM_{10} durante 24 horas desde los cuatro puntos fijos en el perímetro del sitio además de la recolección de datos sobre PM_{10} durante 8 a 10 horas en los cuatro puntos móviles en el perímetro del sitio y las cuatro estaciones de la zona de exclusión. Las muestras integradas de PM_{10} y Cr(VI) de los ocho puntos de muestreo en el perímetro y las cuatro estaciones en la zona de exclusión se recolectarán de 8:00 a.m. a 5:00 p.m. Durante la programación del control de la línea base que se realizará, es necesario incluir las condiciones atmosféricas que reflejan los patrones normales del clima. También se recopilarán los datos meteorológicos (24 horas al día) durante el período completo de línea base de cinco días.

Cuadro II		
Elemento recomendado para el programa	Plan de control de la calidad del aire de PPG (enero 2010)	Comentarios
Control de la línea base	Sí – 5 días consecutivos antes de dar inicio a las actividades de saneamiento invasivas en el terreno.	Recomendar el uso de los datos de línea base como basales.
Desarrollo del límite de concentración basado en el riesgo (nivel de detección) para el Cr(VI)	El plan propone una concentración de aire aceptable (AAC, por sus siglas en inglés) para el Cr(VI) de 910 ng/m ³ , sin embargo esto no se ofrece como un nivel contra el que se compararán los datos de seguimiento para el Cr(VI). Además, la AAC se determina mediante un cálculo para proyectos a corto plazo y para criterios de valoración no cancerígenos.	El límite de concentración basado en el riesgo revisado para el Cr(VI) de 49.12 ng/m ³ del DEP, desarrollado con el cálculo de la EPA basado en el riesgo de cáncer para la exposición a largo plazo, es aceptable para el Administrador del Sitio.
Control de la Zona de exclusión (trabajo)	Sí –estaciones móviles de control para el PM ₁₀ en tiempo real y muestras integradas para PM ₁₀ y Cr(VI)	Aprobado.
Control del perímetro del sitio	Sí –control de 7 días para el PM ₁₀ en tiempo real y muestras integradas de 5 días para PM ₁₀ y Cr(VI)	Aprobado.
Nivel de Acción establecido por:	El AMP utiliza un cálculo para un criterio de valoración no cancerígeno y actividades de corta duración que no es apropiado para el cálculo en este proyecto de largo plazo de (1) una concentración de aire aceptable y (2) una concentración de las partículas relacionadas con el Nivel de Acción.	El Nivel de Acción revisado propuesto por el DEP, basado en la concentración real del cromo hexavalente en los suelos del sitio, es aceptable para el Administrador del Sitio.
Nivel de Acción - Zona de exclusión (trabajo)	El valor revisado por el DEP para el Nivel de Acción es 333 ug/m ³	Aprobado.
Nivel de Acción – Perímetro del sitio	El valor revisado por el DEP para el Nivel de Acción es 333 ug/m ³	Aprobado.
Sistema de alerta temprana	Los datos continuos de PM ₁₀ se promediarán cada 5 minutos en la Zona de exclusión (trabajo) para proporcionar tiempo suficiente al personal del sitio para tomar medidas correctivas antes de que una concentración de PM ₁₀ de 15 minutos rebase el Nivel de Acción en el perímetro.	Aprobado.

B. PROGRAMA DE PRUEBAS DE EXPOSICIÓN EN LA COMUNIDAD

Además del Programa de control de la calidad del aire, el Administrador del Sitio recomienda instituir una serie de pruebas de exposición con el fin de determinar si los residentes de la comunidad están siendo expuestos a Cr(VI) relacionado con las actividades de saneamiento en el sitio de Garfield Avenue. Las pruebas de sangre se están ofreciendo para responder las inquietudes de la comunidad en relación con la exposición potencial durante el saneamiento. No se están suministrando debido a las inquietudes sobre las exposiciones pasadas. Se analizaría una muestra de sangre de los residentes de la zona antes, durante y después de las actividades de limpieza para determinar si se observaron aumentos de Cr(VI) por arriba de los niveles de preocupación. El programa será voluntario y estará abierto a todos los residentes que viven en la zona que va desde el sitio de Garfield Avenue hasta Ocean Avenue, el sur de Bayview Avenue y el norte de Bramhall Avenue. El programa constará de:

- Una prueba de detección inicial para determinar el nivel de cromo en los glóbulos rojos (análisis de sangre) que se deberá llevar a cabo antes de dar inicio a las actividades de excavación del saneamiento en el sitio de Garfield Avenue a fin de establecer una línea base para efectos de comparación,
- Análisis de sangre semestrales durante todo el período de las actividades de saneamiento que perturben el suelo,
- Exámenes físicos para detectar evidencia de condiciones médicas que indiquen una exposición reciente al cromo, si los resultados del muestreo de glóbulos rojos son elevados,
- Gestión de datos e integración de los datos sanguíneos de los participantes con los datos de exposición ambiental, y
- Protección de la privacidad de los participantes.

1. Análisis de sangre

El análisis de cromo en la sangre mide el nivel de cromo en los glóbulos rojos (RBC, por sus siglas en inglés). Se considera el método más preciso para evaluar la exposición de una persona al cromo hexavalente dentro de los últimos 60 a 120 días previos a la obtención de la muestra. [El tiempo de vida de un glóbulo rojo es aproximadamente de cuatro meses].

Cuestionario de salud

Todos los participantes deberán completar un cuestionario de salud confidencial diseñado para ayudar al personal del programa a comprender los factores individuales que pueden influir en la

concentración de cromo en la sangre. El cuestionario puede ser usado para evaluar las posibles fuentes de exposición de cromo u otras causas de los niveles elevados de cromo.

Frecuencia de recolección

Durante el periodo de línea base previo al inicio de las actividades de saneamiento, y luego dos veces al año durante el saneamiento del sitio de Garfield Avenue, los residentes que participan proporcionarán una muestra de sangre para analizar la presencia de cromo. Se intentará recolectar muestras semestrales durante un periodo seco, cuando la exposición potencial al polvo podría ser mayor (aunque se llevarán a cabo estrictos procedimientos de control de polvo durante el saneamiento). Se recolectará una muestra final aproximadamente seis meses después de concluir el saneamiento. Este marco de tiempo podría permitir que todos los glóbulos rojos que pudieran haber absorbido el cromo hexavalente sean reemplazados.

El Administrador del Sitio también recomienda llevar a cabo pruebas de línea base con un pequeño grupo de voluntarios que viven fuera de Jersey City con el fin de establecer una media basal y la variabilidad. Se reclutará a los participantes de una ciudad de Nueva Jersey similar en tamaño, grado de industrialización y distribución socioeconómica a Jersey City, pero sin contaminación histórica o existente de Cr(VI) conocida. Las muestras de sangre de estos voluntarios "basales" se obtendrán dentro de los primeros seis meses del programa. Los procedimientos de recolección, análisis de laboratorio y gestión de datos serán los mismos que para los participantes en el programa primario.

Procedimientos de recolección

Con el fin de tener control sobre la prueba, el Administrador del Sitio identificará una o dos locaciones dónde se llevará a cabo la recolección de muestras (por ejemplo, la clínica Metropolitana de Salud Familiar). Se seleccionará uno o dos flebotomistas para llevar a cabo la extracción de sangre y realizar la toma de muestras de acuerdo con estrictos procedimientos de la cadena de custodia. Cada evento de muestreo está previsto para un periodo de 2 a 3 días.

El trabajo del flebotomista incluiría etiquetar el tubo de la muestra, extraer la sangre, pedir al participante que verifique el nombre en el tubo, y pedir al participante que firme un formulario de cadena de custodia (COC, por sus siglas en inglés). Además, un gestor de programas de evaluación externa (véase más adelante) proporcionará un individuo para supervisar la recolección en el sitio, responder a las preguntas de los participantes, iniciar la cadena de custodia y recolectar los tubos y formularios de COC para su envío al laboratorio sobre una base diaria.

La sangre se extraerá, centrifugará para separar los glóbulos rojos y se colocará dentro de tubos libres de rastros de metal (para evitar la posible contaminación con Cr(VI)) dentro de las dos horas siguientes a la recolección de la muestra. Las muestras de cada día se enviarán por correo en una hielera refrigerada.

Análisis de laboratorio

La distribución de los valores de cromo en la sangre de los individuos no expuestos se utilizará para establecer un criterio "elevado", seguramente el 95^o percentil de la distribución no expuesta. Las muestras recolectadas se analizarán en busca de cromo en los glóbulos rojos mediante Espectroscopia de Absorción Atómica en Horno de Grafito (GFAAS, por sus siglas en inglés). Los análisis se realizarán en un laboratorio de toxicología clínica certificado por CLIA.

Seguimiento

El laboratorio enviará los resultados directamente a un gestor de programas de evaluación externa, identificado por el Administrador del Sitio. El Administrador del Sitio ha conversado ampliamente con el Dr. Pablo Lioy y el Dr. Michael Gochfeld del Instituto de Ciencias de la Salud Ocupacional y Ambientales (EOHSI, por sus siglas en inglés) con respecto a su posible función como gestores del programa de pruebas. El Dr. Lioy y el Dr. Gochfeld, quienes han trabajado con la comunidad de Jersey City en temas de contaminación de cromo hexavalente durante más de veinte años, están dispuestos y son capaces de administrar el programa de pruebas. Dado su registro de experiencia y su relación existente con la comunidad, EOHSI es el grupo idóneo para gestionar el reclutamiento de participantes, supervisar la recolección de muestras, realizar el aseguramiento y control de calidad (QA/QC) en el laboratorio y evaluar los datos que el programa genere.

EOHSI proporcionará resultados por escrito a cada residente participante y pondrá a disposición un profesional de la salud con experiencia en medicina ambiental y ocupacional para responder cualquier pregunta que los participantes puedan tener con respecto a los resultados. Si no se detecta un nivel elevado de cromo en los RBC, la prueba semestral del participante estará completa.

Si se detecta cromo en la muestra de sangre a un nivel elevado, se ofrecerá un examen médico al participante, tal como se describe a continuación.

2. *Examen médico*

Si el análisis de laboratorio pone de manifiesto un elevado nivel de cromo en los RBC, se ofrecerá al residente participante un examen médico realizado por un profesional médico con experiencia en medicina ambiental y ocupacional (por ejemplo, un médico o enfermera) para evaluar las condiciones médicas que indiquen una posible exposición reciente a cromo, tales como dermatitis, úlceras y perforaciones del tabique nasal.

Como parte del seguimiento médico, los participantes revisarán el cuestionario completado durante la prueba de línea base con el profesional médico que esté realizando el examen. Además, el participante tendrá que compartir su historial clínico con el profesional médico para determinar si existen condiciones confusas que pudieran contribuir a un nivel elevado. La revisión del historial clínico no sólo ayudará en la evaluación de la fuente de los niveles elevados

de cromo, sino que también ayudará a proteger la integridad del programa de pruebas en relación con los demás participantes. La confidencialidad del participante estará protegida. La información médica sólo será revisada por el profesional médico tratante.

El residente participante recibirá los resultados del examen por escrito de parte del profesional médico tratante, que también estará disponible para responder a cualquier pregunta relacionada con el examen. Si se identifica alguna condición médica potencialmente relacionada con la exposición al cromo, el residente participante será referido a un médico calificado para una evaluación adicional.

3. *Gestión de datos, Aseguramiento y Control de la Calidad (QA/QC) y Administración*

Uno de los pilares del programa de pruebas será la solidez en la gestión de datos y la gestión del programa. Como se mencionó anteriormente, el Administrador del Sitio ha identificado a EOHSI para supervisar la extracción de las muestras de sangre, realizar el QA/QC en el laboratorio y ejecutar la gestión de datos. Las responsabilidades del EOHSI incluirían:

- a. Asistir en el reclutamiento de los participantes del programa y fomentar la participación sostenida,
- b. Asegurar que la instalación (o instalaciones) de extracción de sangre opere en un horario de tiempo,
- c. Anunciar el horario de extracción de sangre a los participantes del programa,
- d. Supervisar cada sesión de extracción de sangre, iniciar la cadena de custodia y enviar las muestras,
- e. Mantener la base de datos de los participantes,
- f. Recibir los resultados de los análisis del cromo en los RBC y capturarlos en la base de datos,
- g. Informar a los participantes sobre sus resultados por carta (con explicación),
- h. Revisar el desempeño en QA/QC del laboratorio (normalmente un laboratorio externo valida el 5% de las muestras),
- i. Vincular los datos de la sangre de los participantes con los datos de exposición ambiental,
- j. Proporcionar informes periódicos al Administrador del Sitio y los participantes sobre el avance de las pruebas de detección, los resultados y su vinculación con el control ambiental y,
- k. Proporcionar un informe general al Administrador del Sitio, PPG, DEP, la Ciudad de Jersey City y la comunidad de Garfield Avenue con los resultados.

Para proporcionar un nivel adicional de supervisión al programa, un médico adicional especializado en medicina ocupacional y ambiental se encargará de auditar y supervisar el programa, centrándose concretamente en los elementos relacionados con la extracción de sangre, la cadena de custodia y los procedimientos de laboratorio.

C. PROYECTO DE MAPEO DE LOS RESULTADOS DEL PROGRAMA DE INSPECCIÓN RESIDENCIAL Y PROMOCIÓN DEL ESTUDIO DE EOHSI SOBRE EL POLVO

1. Proyecto de mapeo de los resultados del programa de inspección residencial

Como se estableció anteriormente, el objetivo del Programa recomendado de prevención y pruebas de exposición para la comunidad es garantizar la protección de la salud de los residentes que viven en las inmediaciones del sitio de Garfield Avenue durante el saneamiento del sitio y en el futuro. En apoyo de este objetivo se encuentra el Programa de inspección residencial, establecido por la Sentencia de Consentimiento para abordar las inquietudes de los residentes que viven cerca de los sitios de PPG y que sospechan que los residuos de cromo pueden encontrarse dentro o sobre de su propiedad. Bajo el programa, los residentes de viviendas situadas a 400 pies de los sitios de limpieza de PPG en Jersey City y Bayonne, incluido el sitio de Garfield Avenue, son elegibles para solicitar una inspección. Las propiedades de tipo residencial ubicadas dentro de estos límites, tales como guarderías, escuelas y patios de recreo, también son elegibles.

El Programa de inspección residencial determinará a través de inspecciones y muestreo si hay niveles elevados de Cr(VI). Los residuos de cromo que excedan las normas de NJDEP como mínimo se limpiarán de conformidad con las normas. De esta manera, serán eliminados tanto el CCPW en el sitio de Garfield Avenue y el CCPW residual en los alrededores de las propiedades residenciales, ayudando así a proteger la salud de la comunidad.

La información recopilada a través de los muestreos en el sitio es de gran valor para determinar el grado de contaminación de CCPW dentro de la comunidad del sitio de Garfield Avenue. El Administrador del Sitio recomienda desarrollar el Proyecto de mapeo de los resultados del programa de inspección residencial para compartir los resultados de la muestra a través de mapas del lugar e informes públicos con el fin de proporcionar a la comunidad en general una idea exacta de las condiciones de contaminación residencial. La información se compartiría con el público a través de publicaciones y boletines informativos en el sitio web, según sea apropiado.

2. Promoción del estudio de EOHSI sobre el polvo

A través de diversos estudios orientados a la exposición, EOHSI ha contribuido al proporcionar una evaluación objetiva con bases científicas de la exposición al Cr(VI) para los residentes de Jersey City durante las últimas dos décadas. Su último estudio activo es la segunda fase de un examen anterior de Cr(VI) en polvo doméstico, que se inició en 2006 como respuesta a la

continua inquietud pública sobre la exposición potencial a Cr(VI) proveniente de los sitios restantes de CCPW sin saneamiento. Debido a que EOHSI encontró Cr(VI) en el polvo doméstico durante la Fase I, que sugiere un potencial de exposición, se implementó la segunda fase del estudio en 2009. En la actualidad, EOHSI está reclutando activamente hogares con niños de 6 años o menos en los cuales recolectará muestras de polvo doméstico para medir los niveles de Cr(VI) y recolectará muestras de orina de los niños.

El Administrador del Sitio recomienda fomentar la participación comunitaria en el estudio de EOHSI a través de actividades de promoción de las partes en el Juicio de Consentimiento.

VIII. CRITERIOS CONSIDERADOS PARA EL ESTUDIO DE LA EXPOSICIÓN POTENCIAL DE LA SALUD

Al considerar qué tipo de estudio de exposición de la salud, si lo hay, sería apropiado para los residentes que viven en las inmediaciones del sitio de Garfield Avenue, el Administrador del Sitio consideró las siguientes preguntas.

- 1. ¿Serán de ayuda los datos recopilados para detectar un contaminante específico (residuos de cromo) en la prevención de enfermedades o efectos sobre la salud?*
- 2. ¿Cómo se utilizará la información para a) proteger la salud de la comunidad, b) abordar las inquietudes de la comunidad y c) tomar las medidas adecuadas?*
- 3. ¿Existen programas o recursos para actuar sobre los hallazgos, si es necesario?*
- 4. ¿Qué seguimiento se producirá y quién es responsable?*

Estas preguntas se responden a continuación en el contexto del programa integral seleccionado para controlar la exposición relacionada con el sitio.

¿Serán de ayuda los datos recopilados en la prevención de enfermedades o efectos sobre la salud?

Los datos recopilados bajo el Programa recomendado de prevención y pruebas de exposición para la comunidad serán de dos tipos: datos de muestras biológicas y datos del control de la calidad del aire. Los datos del control de la calidad del aire se utilizarán para documentar la medida en que las actividades correctivas exponen a la comunidad a niveles elevados de Cr(VI) en el aire ambiental. Las muestras biológicas se utilizarán para documentar si los individuos están expuestos a Cr(VI) en su entorno. Los datos recabados formarán parte de un programa integral diseñado para limitar y evaluar la exposición y, por lo tanto, es intrínsecamente de carácter preventivo (incluso cuando los estudios de salud existentes no establecen claramente que

los efectos adversos sobre la salud son el resultado de bajos niveles de exposición por períodos de corta duración)

¿Cómo se utilizará la información para proteger la salud de la comunidad?

Los datos recopilados del control de la calidad del aire se utilizarán para proteger la salud de la comunidad al demostrar si hay niveles elevados de Cr(VI) de polvo en el aire ambiental y si el polvo está saliendo del sitio de saneamiento. Si se determina que se están generando niveles elevados de polvo y éste está saliendo del sitio, se detendrá el trabajo hasta que los procedimientos de trabajo se puedan volver a evaluar y configurar con el fin de eliminar este problema.

Al mismo tiempo, los ensayos biológicos pueden mostrar si las personas se encuentran expuestas a Cr(VI). Si se detecta esto, se pueden tomar medidas para identificar la ruta de exposición y/o eliminar la fuente.

¿Cómo se utilizará la información para abordar las inquietudes de la comunidad?

Una de las principales inquietudes de la comunidad es la protección contra la exposición al Cr(VI) durante el saneamiento y los datos del control de la calidad del aire documentarán las condiciones reales y mostrarán que las concentraciones de Cr(VI) en el aire ambiental se mantienen por debajo de los niveles deseados. La información del control de la calidad del aire se compartirá con el público a través de publicaciones y boletines informativos en el sitio web.

Las pruebas biológicas pueden confirmar que los individuos no están expuestos a niveles elevados como resultado del saneamiento.

¿Cómo se utilizará la información para tomar las medidas adecuadas?

Se utilizará el Nivel de Acción para PM₁₀ para controlar las operaciones de saneamiento. Debido a que las mediciones de PM₁₀ recopiladas continuamente en la Zona de exclusión (trabajo) se promedian cada cinco (5) minutos, el personal del sitio tiene el tiempo suficiente para implementar las medidas correctivas antes de que se superen los Niveles de acción en el perímetro del sitio. Además, si los datos del control de la calidad del aire indican que se está rebasando la concentración basada en el riesgo para el Cr(VI), se detendrá el proyecto y si es necesario se volverá a configurar hasta que PPG pueda demostrar que se tienen las medidas adecuadas para prevenir nuevos casos de valores excedentes y para proteger la salud humana.

Si las pruebas biológicas muestran niveles elevados de Cr(VI) en las muestras de sangre, un médico profesional con experiencia en medicina ambiental y ocupacional puede llevar a cabo un examen físico para determinar si un individuo presenta problemas de salud por Cr(VI).

¿Existen programas o recursos para actuar sobre los hallazgos, si es necesario?

El Plan de Salud y Seguridad y los Procedimientos Operativos Estándar para el Sitio de Garfield Avenue identifican los procedimientos que se deben seguir si se excede un Nivel de Acción. El Administrador del Sitio tiene la autoridad para ordenar que se detenga el trabajo en el sitio hasta que se pueda demostrar que se han establecido las medidas necesarias para proteger al público.

¿Qué seguimiento se producirá y quién es responsable?

Si el control de la calidad del aire demuestra que el polvo contaminado con Cr(VI) está emigrando fuera del sitio con concentraciones superiores a las de los niveles basados en el riesgo, PPG es responsable de detener las operaciones de saneamiento y modernizar los procedimientos para asegurar que las futuras actividades de saneamiento protejan la salud humana.

IX. CONCLUSIONES

Después de revisar los datos de numerosos estudios de salud, informes y sitios web, y después de discutir el estado de la ciencia sobre Cr(VI) con varios expertos en salud, se recomienda un Programa integral de prevención y pruebas de exposición para la comunidad para los residentes que viven en las inmediaciones del sitio de Garfield Avenue. Este protocolo de tres niveles está diseñado para evitar la exposición del público a niveles elevados de Cr(VI) durante el saneamiento, dar garantías a la comunidad de que su salud está protegida y proporcionar una imagen más completa de la exposición actual de los residentes de la zona a Cr(VI).

**APÉNDICE A –
ESTUDIOS DE SALUD RELACIONADOS
CON EL Cr(VI) ESPECÍFICOS PARA
NUEVA JERSEY**

Estudios de salud relacionados con el cromo y bibliografía científica
específica para Nueva Jersey

- ***Evaluación médica de los niños y adultos de la Escuela Whitney Young Jr., Jersey City, Nueva Jersey*** (Diciembre 1989) – Depto. de Salud de NJ,
<http://www.state.nj.us/dep/dsr/chromium/young.pdf>
- ***Una evaluación y análisis de incertidumbre cuantitativa de los riesgos para la salud de los trabajadores expuestos a los suelos contaminados con cromo*** (1991) Paustenbach DJ, Meyer DM, Sheehan PJ et al. Toxicol. Ind. Health 7, 159-196
<http://tih.sagepub.com/cgi/content/abstract/7/3/159>
- ***Los riesgos para la salud que presenta el cromo - suelos contaminados en zonas residenciales e industriales: conclusiones de un panel de expertos*** (Abril 1991) Paustenbach DJ, Rinehart WE, Sheehan PJ, Reg. Toxic. and Pharm. 13, 195-222
[http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6WPT-4DDP4D4-BB&_user=8702323&_coverDate=04%2F30%2F1991&_rdoc=7&_fmt=high&_orig=browse&_srch=doc-info\(%23toc%236999%231991%23999869997%23521351%23FLA%23display%23Volume\)&_cdi=6999&_sort=d&_docanchor=&_ct=8&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=8702323&md5=f7c81f5a8f0a787f715378b7707f0c50](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6WPT-4DDP4D4-BB&_user=8702323&_coverDate=04%2F30%2F1991&_rdoc=7&_fmt=high&_orig=browse&_srch=doc-info(%23toc%236999%231991%23999869997%23521351%23FLA%23display%23Volume)&_cdi=6999&_sort=d&_docanchor=&_ct=8&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=8702323&md5=f7c81f5a8f0a787f715378b7707f0c50)
- ***Residuos del procesamiento de cromita en el Condado de Hudson, Nueva Jersey*** (Mayo 1991) T Burke, J Fagliano, et. al. Environ. Health Perspect. 92: 131-137
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1519394/>
- ***Concentraciones aéreas de cromo trivalente y hexavalente de los suelos contaminados en centros comerciales/industriales sin pavimentados y parcialmente pavimentados*** (Enero 1992) Falerios M, Schild K, Sheehan P et. al. J. Air & Waste Manage. Assoc. 42:40-48
<http://secure.awma.org/onlinelibrary/ProductDetails.aspx?productID=10639>
- ***Evaluación de la exposición al cromo en trabajadores al aire libre en el Condado de Hudson, NJ*** (Julio 1992) Bukowski JA, Goldstein MD, Korn LR, et al. Sci. of the Total Environment, 122, 291-300
http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V78-48XT4VY-1SB&_user=8702323&_coverDate=07%2F29%2F1992&_alid=1131087850&_rdoc=8&_fmt=high&_orig=search&_cdi=5836&_sort=r&_docanchor=&view=c&_ct=15&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=8702323&md5=77208c7492731d3c53d81f7ecb6f6ca1

- ***Análisis microambiental de la exposición residencial a los residuos cargados de cromo en y alrededor de las viviendas de Nueva Jersey*** (Junio 1992) Lioy PJ, Freeman NCG, Wainman T, et al. *Análisis de riesgos* 12(2), 287-299.
<http://www3.interscience.wiley.com/journal/119328369/abstract>
- ***Exposición residencial a residuos de cromo – control biológico de la orina en conjunción con el control de la exposición ambiental*** (Junio/Agosto 1992) Stern AH, Freeman NCG, Pleban P, et al. *Inv. Ambiental* 58, 147-162
http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6WDS-4G3K8RY-38&_user=8702323&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=8702323&md5=37f00aaa6b0e81860503d4dc6cb84729
- ***Validación de campo para el muestreo y análisis del cromo hexavalente transportado por el aire*** (Marzo 1993) Finley B, Fehling K, et al. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 8(3), 191-200
<http://direct.bl.uk/bld/PlaceOrder.do?UIN=004813273&ETOC=EN&from=searchengine>
- ***Diseño de un programa de control biológico para evaluar la exposición de la comunidad al cromo: conclusiones de un panel de expertos*** (Diciembre 1993) Anderson RA, Colton T, Doull J et al. *J. Tox and Env. Health, Parte A*, 40:4, 555-583
<http://www.informaworld.com/smpp/content~db=all~content=a916044055>
- ***Proyecto de vigilancia médica del cromo: Informe técnico final*** (Octubre 1994) - Departamento de Salud de NJ, Div. de Epidemiología, Jerald Fagliano y Jonathan Savrin,
<http://www.state.nj.us/dep/dsr/chromium/surveillance.pdf>
- ***Eliminación de cromo en la orina tras la ingestión de residuos de la producción de cromita en humanos: implicaciones para biovigilancia*** (Diciembre 1994) Gargas ML, Norton RL, Harris MA, et al. *Análisis de riesgos*, Vol. 14, No. 6
<http://www3.interscience.wiley.com/journal/119276088/abstract>
- ***Los efectos del saneamiento de los vertederos de residuos de cromo en los niveles de cromo en la orina de los niños que viven en las inmediaciones*** (Agosto 1995) Freeman NCG, Wainman T, Lioy PJ, et al. *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 45: 604-614
<http://secure.awma.org/onlinelibrary/ProductDetails.aspx?productID=11006>
- ***Aumento de enlaces cruzados de ADN-Proteína en los linfocitos de los residentes que viven en áreas contaminadas con cromo*** (Diciembre 1995) Taioli E, Zhitkovich A, Kinney P et al. *Biological Trace Element Research*, Vol. 50, 175-180
<http://www.springerlink.com/content/65u4r8674w185334/>

- ***Monitoreo de los enlaces cruzados DNA-proteína en linfocitos humanos como biomarcadores de las dosis biológicamente activas de cromo*** (Octubre 1996) Costa M, Zhitkovich A, et. al. *Env. Health Perspect.* 104(5)
<http://ehp.niehs.nih.gov/members/1996/Suppl-5/costa-full.html>
- ***Concentraciones basales de Cr(VI) en el aire en el Condado de Hudson, Nueva Jersey: Implicaciones de establecer normas basadas en la salud para el Cr(VI) en los suelos*** (Mayo 1997) Scott PK, Finley BL, Harris MA et al. *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 47:592-600 <http://secure.awma.org/onlinelibrary/ProductDetails.aspx?productID=588>
- ***Exposición al polvo de cromo en las viviendas en un proyecto de vigilancia del cromo*** (Mayo 1997) Freeman NCG, Stern AH, Lioy PJ, *Archives of Environmental Health*
<http://www.highbeam.com/doc/1G1-19478916.html>
- ***Exposición al cromo y exámenes médicos cerca de vertederos de residuos de cromo en Nueva Jersey*** (Agosto 1997) Fagliano JA, Savrin J, Udasin I, Gochfeld M, *Reg. Tox. And Pharm.* 26, S13-S22
http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6WPT-45NJS8P-11&_user=8702323&_coverDate=08%2F31%2F1997&_alid=1131081592&_rdoc=61&_fmt=high&_orig=search&_cdi=6999&_sort=r&_docanchor=&view=c&_ct=64&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=8702323&md5=86f57547593b321e62460ad9cdda549a
- ***La relación del cromo en el polvo doméstico con el cromo en orina en las viviendas adyacentes a los centros que producen residuos de cromo*** (Diciembre 1998) Stern AH, Fagliano JA, Savrin JE, et. al., *Env. Health Perspectives*, Vol. 106, Núm. 12
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1533240/pdf/envhper00535-0107.pdf>
- ***Reducción en el cromo residencial tras el saneamiento del sitio***, (Junio 2000) Freeman NCG, Lioy PJ, Stern AH *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 50:948-953
<http://secure.awma.org/onlinelibrary/ProductDetails.aspx?productID=385>
- ***Análisis de la incidencia de cáncer de pulmón cerca de los sitios contaminados con cromo en Nueva Jersey (también conocidos como Sitios de cromo en el Condado de Hudson)*** (Septiembre 2008) – Departamento de Salud y Servicios a Personas Mayores de NJ y DEP de NJ DEP para ATSDR, MPH. PhD. Jerald Fagliano (autor principal),
[http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/pha/Chromium-ContaminatedSitesinNJ/Chromium-Contaminated%20Sites%20\(NJ\)%20093008.pdf](http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/pha/Chromium-ContaminatedSitesinNJ/Chromium-Contaminated%20Sites%20(NJ)%20093008.pdf)
- ***Exposición al cromo y efectos sobre la salud en el Condado de Hudson: Fase I*** (Diciembre 2008) – Instituto de Ciencias de la Salud Ocupacional y Ambientales (EOHSI, por sus siglas en inglés), PhD. Paul Lioy y MD. PhD. Michael Gochfeld (investigadores principales),
<http://njedl.rutgers.edu/ftp/PDFs/5778.pdf>

- ***Clasificación de las concentraciones de cromo hexavalente en el polvo doméstico de las zonas de referencia*** (Marzo 2009) – EOHSI y NJDEP, Oficina de Ciencias e Investigación, <http://www.state.nj.us/dep/dsr/chromium/bckgrd-dust-study-report.pdf>
- ***Derivación de un criterio de saneamiento de los suelos basado en la ingestión para Cr⁺⁶ en base a los datos del bioensayo crónico para el dicromato de sodio dihidratado*** (Junio 2009)
- Oficina de Ciencias del NJDEP, Alan Stern, Dr. P.H.,
<http://www.state.nj.us/dep/dsr/chromium/ingestion-cr.pdf>

**APÉNDICE B –
OTROS ESTUDIOS DE SALUD RELACIONADOS
CON EL Cr(VI)**

OTROS ESTUDIOS DE SALUD RELACIONADOS CON EL Cr(VI)

Cr(VI) en otras comunidades de los EE.UU.:

- ***Evaluación de la exposición histórica a las emisiones de aire de la instalación hidráulica de Abex/Remco, Willits, Condado de Mendocino, California*** (Final julio 2004) - Departamento de Servicios de Salud de California, División de Investigaciones de Salud Ambiental (EHIB, por sus siglas en inglés) para la ATSDR, <http://www.ehib.org/cma/projects/AbexRemcoFinalAirPHA.pdf>
- ***Evaluación de las posibilidades y limitaciones de los estudios de salud en la instalación hidráulica de Abex/Remco*** (Julio 2006) - Departamento de Servicios de Salud de California, División de Investigaciones de Salud Ambiental (EHIB, por sus siglas en inglés) para la ATSDR, <http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/pha/AbexRemcoHydraulicsFacility/Abex-RemcoHydraulicsHC091906.pdf>
- ***Informe del panel de expertos: Recomendaciones para llevar a cabo la vigilancia médica de los residentes de Willits, California y los trabajadores expuestos a cromo hexavalente y compuestos orgánicos volátiles provenientes de las instalaciones hidráulicas de Abex/Remco*** (Noviembre 2006) – Robert Harrison, UC San Francisco, División de Medicina Ocupacional y Ambiental, <http://www.ehib.org/cma/projects/MMReportFinal.pdf>
- ***Revisión de las tasas de cáncer en las Inmediaciones de Chrome Crankshaft Company y J & S Chrome Plating Company*** (Enero 2003) - Depto. de Servicios de Salud de California, EHIB, para ATSDR – PhD Marilyn Underwood, y MPH Sumi Hoshiko, (investigadores principales), http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/PHA/chromecrankshaft/jsc_toc.html
- ***Resumen de la evaluación de la exposición a las emisiones aéreas de Chrome Crankshaft Company y J&S Chrome Plating Company*** (Diciembre 2003) - Dpto. de Servicios de Salud de California, EHIB, para ATSDR, <http://www.ehib.org/projects/SuvaAirEnglish.pdf>
- ***Asma y afecciones respiratorias relacionadas entre niños: Un estudio sobre la asistencia a una escuela próxima a dos instalaciones de cromado*** (Febrero 2005) - Dpto. de Servicios de Salud de California, EHIB, para ATSDR – PhD. Marilyn Underwood (investigador principal), <http://www.ehib.org/cma/projects/CCHHealthStudy.pdf>
- ***Carta de la consulta de salud: Evaluación de la presencia de cromo en pozos particulares, West County Road 112, Condado de Midland, Texas*** (Junio 2009) – Departamento de Servicios de Salud del Estado de Texas para ATSDR, (http://www.tceq.state.tx.us/assets/public/remediation/variousremediationsites/westcr112/cr112_health_consult_060309.pdf)

Cr(VI) en comunidades en el extranjero:

- ***Mortalidad por cáncer en una población de china expuesta a cromo hexavalente en el agua potable***, enero 2008, Epidemiología, Volumen 19(1), p. 13, Beaumont, J. et. al ,
- ***Investigación y estudio de la contaminación por cromo en Jinzhou***, Revista China de Medicina Preventiva, 1987, Volumen 21, 5ª Edición 5, p.1, Zhang, J. y Li, X,
- ***Cromo hexavalente, agua amarilla y cáncer: Una saga complicada***, Epidemiología, enero 2008, Volumen 19 (1), p. 24, Smith, A.
- Retracción editorial. Revista de Medicina Ambiental y Ocupacional. 2006, 48: 749, Brandt-Rauf P.
- ***Polvo de cromo en el entorno y mortalidad por cáncer de pulmón***, Env. Research 23, 469-476 (1980), Axelsson G. y Rylander R.

Cr(VI) en entornos ocupacionales:

- ***Mortalidad por cáncer entre un cohorte de trabajadores de pigmentos de cromo***, American Journal of Industrial Medicine, 1989, Volumen 16, 2ª Edición, p. 127-133, Hayes, R. et al.
- ***Riesgo de cáncer de pulmón entre los antiguos trabajadores de la fundición de cromo***, American Journal of Industrial Medicine, diciembre 1998, Volumen 29, 5ª Edición, p. 491-500, Rosenman, K y Stanbury, M.
- ***Mortalidad por cáncer de pulmón entre los trabajadores de la producción de cromato***, Occupational and Environmental Medicine, 2003, 60:451-457, Luippold, R. et al.
- Departamento del Trabajo de los EE. UU., Exposición ocupacional al cromo hexavalente (sitio web),
http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_id=18599&p_table=federal_register
- Departamento del Trabajo de los EE.UU., Reglamentos (Normas – 29 CFR) Cromo (VI) 1910.1026,
http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=13096
- **Actualización del documento de NIOSH sobre los criterios para el cromo hexavalente: Exposición ocupacional al cromo hexavalente, proyecto de evaluación externa**, Septiembre 2008, Departamento de Salud y Servicios Humanos, Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional
<http://origin.cdc.gov/niosh/review/public/144/pdfs/DRAFT-Criteria-Document-Update-Occupational-Exposure-to-Hexavalent-Chromium.pdf>

Biomarcadores/biovigilancia:

- ***Interpretación cuantitativa de los datos de biovigilancia humana***, Toxicology and Applied Pharmacology, Volumen 231, 1ª Edición, 15 de agosto de 2008, Páginas 122 a 133 Harvey J. Clewell, Yu Mei Tan, Jerry L. Campbell, Melvin E. Andersen, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18589468>
- ***Enfoques proteómicos en el desarrollo de biomarcadores del cáncer de pulmón***, Expert Review of Proteomics. 2009; 6(1):27-42, Je-Yoel Cho; Hye-Jin Sung, <http://www.medscape.com/viewarticle/706008>
- ***Exposición al Cr^{VI} y sus biomarcadores: Cr en eritrocitos en relación con la exposición y polimorfismos de los genes que codifican las proteínas de transporte de aniones***. 2008: 13(5):467-477, Qu, Qingshan, Li, Xiaomei, Costa, Max, et. al., <http://informahealthcare.com/doi/abs/10.1080/13547500802099574>
- ***Red de investigación para la detección temprana, Cuarto Informe***, enero 2008, Instituto Nacional del Cáncer, División de Prevención del Cáncer, http://edrn.nci.nih.gov/docs/progress-reports/edrn_4th-report_200801.pdf
- ***Cromo: exposición, toxicidad y métodos de biovigilancia*** (Capítulo 19: Biomarcadores de la enfermedad asociada con el medio ambiente), 2002, Zhitkovich, A. http://www.crcpress.com/product/isbn/9781566705967;jsessionid=RQyr0eEoUijMNkhG5R2L-Q**

Carcinogénesis del Cr(VI) –

- ***Mecanismos genéticos y epigenéticos en la carcinogénesis y co carcinogénesis de los metales: níquel, arsénico y cromo***, Chem. Res. Toxicology 2008, 21, 28-44, Salnikow, K. and Zhitkovich, A., <http://pubs.acs.org/doi/pdfplus/10.1021/tx700198a?cookieSet=1>
- ***Mortalidad por cáncer en una población de china expuesta a cromo hexavalente en el agua potable***, Epidemiology, 19:1, 12-23, enero 2008; Beaumont, J. et al., <http://www.informaworld.com/smpp/content~content=a908404497~db=all>
- ***Carcinogénesis de los compuestos metálicos***, *Handbook on the Toxicology of Metals*, 2007, 177-196, Ke, Q. et al. http://www.elsevier.com/wps/find/bookdescription.cws_home/711433/description#toc
- ***Cromo y níquel en la dieta refuerzan la carcinogénesis de los rayos UV en la piel de ratones sin pelo***, Toxicology and Applied Pharmacology, Volumen 221, 3ª Edición, 15 de junio 2007, 329-338, Uddin, A, et al., <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17499830>
- ***Informe técnico de NTP sobre los estudios de toxicología y carcinogénesis del dicromato de sodio dihidratado (CAS No. 7789-12-0) en ratas F344/N y ratones B6C3F₁ (Estudios de***

agua potable), julio 2008, Programa Nacional de Toxicología,
http://ntp.niehs.nih.gov/files/546_WEB_FINAL.pdf

- ***Revisión de la evidencia acerca de la carcinogénesis del cromo hexavalente en el agua potable***, Journal of Environmental Science and Health, Parte C, 24:155-182, 2006, Sedman, R. et al., http://pdfserve.informaworld.com/597642__748803417.pdf

Cromo (General) –

- ***Borrador del objetivo de salud pública para cromo hexavalente en el agua potable***, agosto 2009, Departamento de Pesticidas y Toxicología Ambiental, Oficina de Evaluación de Riesgos Ambientales para la Salud, CA EPA,
<http://www.oehha.ca.gov/water/phg/pdf/Cr6PHGdraft082009.pdf>
- ***Borrador de respuestas a los principales comentarios sobre el documento técnico de apoyo, objetivo de salud pública para cromo hexavalente en el agua potable***, septiembre 2009, Departamento de Pesticidas y Toxicología Ambiental, Oficina de Evaluación de Riesgos Ambientales a la Salud, CA EPA,
<http://www.oehha.ca.gov/water/phg/pdf/CrResponse090909.pdf>
- ***Perfil toxicológico del cromo, ATSDR, Versión para comentario público***, septiembre 2008
<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp7.html#bookmark01>
- ***Cromo, (capítulo en) Handbook on the Toxicology of Metals***, 2007, pp 487-510, S Langard, M Costa,
http://www.elsevier.com/wps/find/bookdescription.cws_home/711433/description#toc

**APÉNDICE C –
EXPERTOS EN SALUD Y CIENCIA
CONSULTADOS**

Expertos en salud y ciencia consultados

- PhD, DABT, FATS **Barbara Beck**, Profesora de Gradient Corporation y la Universidad de Harvard (toxicología y evaluación de riesgos con experiencia en Cr(VI))
- PhD **Max Costa**, Presidente, Depto. de Medicina Ambiental, Escuela de Medicina de la Universidad de Nueva York (medicina ambiental, farmacología, carcinogénesis de los metales pesados, contaminación por Cr(VI))
- MPH, PhD **Jerald Fagliano**, Departamento de Salud y Servicios a Personas Mayores de NJ, Programa de Evaluación de la Salud en Sitios Peligrosos (epidemiología ambiental)
- PhD **Michael Gargas**, anteriormente de Sapphire Group (evaluación de riesgos para la salud humana, toxicología bioquímica específica del Cr(VI), toxicología por inhalación, modelado farmacocinético)
- MD, PhD **Michael Gochfeld**, Instituto de Ciencias de la Salud Ocupacional y Ambientales (EOHSI, por sus siglas en inglés), (medicina ocupacional, toxicología ambiental, evaluación de riesgos ambientales, cromo)
- MPH **Sumi Hoshiko**, Departamento de Servicios de Salud de California, División de Investigaciones de Salud Ambiental (epidemiología ambiental)
- PhD **Janet Kester**, NewFields (toxicóloga, evaluación de riesgos ambientales y para la salud humana, comunicación del riesgo)
- PhD **Joseph Landolph**, Universidad del Sur de California, Keck Escuela de Medicina (carcinogénesis y toxicidad del Cr(VI))
- MD **George Lambert**, Director del Centro de Neurotoxicología Infantil y Evaluación de la Exposición del NIEHS/EPA, Miembro del Consejo Asesor Científico de la EPA (estudios de exposiciones ambientales, particularmente pediátricas)
- PhD **Paul Lioy**, Instituto de Ciencias de la Salud Ocupacional y Ambientales (EOHSI, por sus siglas en inglés), División de Ciencias de la Exposición (mediciones de la exposición humana total mediante controles químicos y biológicos)
- PhD **Eileen Murphy**, NJDEP, División de Ciencias, Investigación y Tecnología, Ex Presidente, Grupo de Trabajo sobre el Cromo (Impacto medioambiental y transporte)
- PhD **Louise Showe**, Instituto Wistar (investigación de los biomarcadores del cáncer de pulmón)
- MPH **Racquel Stephenson**, ATSDR Región 2, Representante Regional

- Dr. en PH **Alan H. Stern**, Oficina de Ciencia, Investigación y Tecnología del NJDEP (biovigilancia, epidemiología, evaluación de riesgos, toxicología)
- MS, JD **Joan Strawson**, Toxicología de excelencia en la evaluación de riesgos (toxicología y evaluación de riesgos a la salud humana)
- MD, MPH **Ronald Teichman**, Teichman Occupational Health Associates, Inc.; Consejo Editorial de la revista Journal of Occupational and Environmental Medicine (salud ocupacional, biovigilancia del Cr(VI))
- MD, PhD **Melvyn Tockman**, Centro Oncológico e Instituto de Investigación H. Lee Moffitt, Universidad del Sur de Florida (investigación de los biomarcadores del cáncer de pulmón)
- PhD **Marilyn Underwood**, Departamento de Servicios de Salud de California, División de Investigaciones de Salud Ambiental (toxicología).
- PhD **Anatoly Zhitkovitch**, Universidad de Brown, División de Biología y Medicina (enlaces cruzados de ADN-Proteína mediados por Cr(VI) y carcinogénesis)