

RESUMEN DE SALUD PÚBLICA

Dibenzo-*p*-dioxinas policloradas

Diciembre 1998

Este Resumen de Salud Pública es el capítulo sumario de la Reseña Toxicológica para las dibenzo-*p*-dioxinas policloradas. El mismo forma parte de una serie de Resúmenes de Reseñas Toxicológicas relacionados a sustancias peligrosas y sus efectos sobre la salud. Una versión más breve, [ToxFAQs™](#), también está disponible. Esta información es importante para usted debido a que estas sustancias podrían causar efectos nocivos a su salud. Los efectos a la salud de la exposición a cualquier sustancia peligrosa van a depender de la dosis, la duración, la manera de exposición, las características y hábitos personales, y si están presentes otras sustancias químicas. Si desea información adicional, puede comunicarse con el Centro de Información de la ATSDR al 1-888-422-8737.

Trasfondo

Este resumen de salud pública le informa acerca de las dibenzo-*p*-dioxinas policloradas (DDPCs) y de los efectos de la exposición a estos compuestos.

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) identifica los sitios de desechos peligrosos más serios de la nación. Estos sitios constituyen la Lista de Prioridades Nacionales (NPL) y son los sitios designados para limpieza a largo plazo por parte del gobierno federal. Las DDPCs (todos los tipos) se han encontrado en por lo menos 126 de los 1,467 sitios actualmente en la NPL o que formaron parte de la NPL en el pasado. Sin embargo, el número total de sitios de la NPL en los que se han buscado estas sustancias no se conoce. A medida que se evalúan más sitios, el número de sitios en que se encuentren las DDPCs puede aumentar. Esta información es importante porque la exposición a estas sustancias puede perjudicarlo y estos sitios pueden constituir fuentes de exposición.

Cuando una sustancia se libera desde un área extensa, por ejemplo desde una planta industrial, o desde un recipiente como un barril o botella, la sustancia entra al ambiente. Esta liberación no siempre conduce a exposición. Usted está expuesto a una sustancia solamente cuando entra en

contacto con ésta. Usted puede estar expuesto al inhalar, comer o beber la sustancia, o por contacto con la piel.

Si usted está expuesto a las DDPCs, hay muchos factores que determinan si le afectará adversamente. Estos factores incluyen la dosis, (la cantidad), la duración (por cuanto tiempo) y de la manera como entró en contacto con estas sustancias. También debe considerar las otras sustancias químicas a las que usted está expuesto, su edad, sexo, dieta, características personales, estilo de vida y condición de salud.

1.1 ¿QUÉ SON LAS DDPCs?

Las DDPCs son una familia de 75 compuestos diferentes comúnmente llamados dioxinas policloradas. Estos compuestos producen una variedad de efectos perjudiciales. La familia de las DDPCs está dividida en ocho grupos de sustancias químicas en base al número de átomos de cloro en el compuesto. El grupo con 1 átomo de cloro se llama dioxinas monocloradas. Los grupos con 2 hasta 8 átomos de cloro se llaman dioxinas bicloradas, tricloradas, tetracloradas, pentacloradas, hexacloradas, heptacloradas y octacloradas. El átomo de cloro puede estar unido a la molécula de dioxina en cualquiera de ocho posiciones. El nombre de cada DDPC indica tanto el número como las posiciones de los átomos de cloro. Por ejemplo, la DDPC con cuatro átomos de cloro en las posiciones 2, 3, 7 y 8 de la molécula de dioxina se llama 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-*p*-dioxina o 2,3,7,8-DDTC (2,3,7,8-TCDD en inglés). La 2,3,7,8-DDTC es una de las DDPCs más tóxicas en mamíferos y ha recibido la mayor atención. Por esta razón, la 2,3,7,8-DDTC sirve de prototipo para las DDPCs. Las DDPCs con propiedades tóxicas similares a la 2,3,7,8-TCDD se conocen en inglés como compuestos “dioxin-like.”

En forma pura, las DDPCs son sólidos cristalinos incoloros. Las DDPCs entran al ambiente en forma de mezclas que contienen una variedad de componentes individuales e impurezas. En el ambiente tienden a asociarse con cenizas, el suelo, o con cualquier superficie con alto contenido orgánico, por ejemplo las hojas de plantas. En el aire y el agua, una porción de las DDPCs se pueden encontrar en forma de vapor o disueltas, dependiendo de la cantidad de materia

particulada, la temperatura y otros factores ambientales. La 2,3,7,8-DDTC no tiene olor. El olor de las otras DDPCs no se conoce. Las DDPCs ocurren naturalmente en el ambiente y también son producidas por actividades humanas. Se producen en forma natural durante la combustión incompleta de materia orgánica en incendios forestales o actividad volcánica. Las DDPCs no son manufacturadas por la industria, excepto en pequeñas cantidades para investigación de laboratorio. Las DDPCs son generadas en forma no intencional por procesos de combustión e incineración industriales, municipales y domésticos. Se cree que en la actualidad las emisiones de DDPCs asociadas con actividades humanas de incineración y combustión son la principal fuente ambiental de DDPCs.

Las DDPCs (principalmente la 2,3,7,8-DDTC) pueden formarse durante el proceso de blanqueamiento con cloro usado en la industria del papel. Las DDPCs ocurren como contaminantes en los procesos de manufactura de ciertas sustancias químicas orgánicas cloradas, tales como los clorofenoles. La 2,3,7,8-DDTC es un producto secundario formado durante la manufactura de 2,4,5-triclorofenol (2,4,5-TCF). El 2,4,5-TCF se usó para producir hexaclorofeno (usado para matar bacterias) y el herbicida ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T). Varias preparaciones de 2,4,5-T se han usado extensamente como herbicidas en cosechas y campos abiertos, y a lo largo de carreteras. El 2,4,5-T era un componente del Agente Naranja, sustancia usada extensamente por el ejército de los EE.UU. durante la guerra de Vietnam. En la mayoría de los países industrializados, el uso de productos contaminados con DDPCs se ha reducido considerablemente. Actualmente el uso del hexaclorofeno y del herbicida 2,4,5-T está restringido en los Estados Unidos. Otras sustancias químicas cloradas, como el pentaclorofenol, usado para preservar madera, contienen algunos de los DDPCs con más átomos de cloro, pero generalmente no contiene 2,3,7,8-DDTC. El uso del pentaclorofenol se ha restringido a ciertas aplicaciones de manufactura. Actualmente, las DDPCs se liberan al ambiente principalmente durante la combustión de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) y madera, y durante procesos de incineración (incineración de desechos sólidos municipales y de hospitales y residuos peligrosos de sitios de desechos). En tanto la incineración puede que sea actualmente la principal fuente de liberación de DDPCs al ambiente, las cantidades de DDPCs producidas por incineración son extremadamente pequeñas. Las DDPCs están asociadas con cenizas generadas en procesos de incineración y combustión. Las

emisiones desde incineradores varían enormemente y dependen de las prácticas de manejo y las tecnologías que se aplican. También se han detectado bajas concentraciones de DDPCs en el humo de cigarrillo, sistemas de calefacción domésticos y en las emisiones del escape de automóviles que usan gasolina (con o sin plomo) o diesel. Las DDPCs pueden generarse al quemar una variedad de materiales que contienen cloro, tales como plásticos, madera tratada con pentaclorofenol, residuos tratados con plaguicidas y otras sustancias químicas policloradas (bifenilos policlorados o BPCs). Quemar papel blanqueado también puede generar DDPCs.

Aunque en este resumen de salud pública se tratan las DDPCs, es importante hacer notar que las DDPCs se encuentran en el ambiente junto con otras sustancias químicas cloradas relacionadas, tales como los dibenzofuranos policlorados (DFPCs) y bifenilos policlorados (BPCs). Por lo tanto, la gente generalmente está expuesta a mezclas de DDPCs y otras clases de compuestos toxicológica y estructuralmente similares. La 2,3,7,8-DDTC es una de las DDPCs más tóxicas y más estudiadas y sirve de prototipo para las DDPCs más importantes toxicológicamente. Basado en resultados de estudios en animales, los científicos han descubierto que pueden expresar la toxicidad de las DDPCs similares a la 2,3,7,8-DDTC como una fracción de la toxicidad atribuida a la 2,3,7,8-DDTC. Por ejemplo, la toxicidad de las DDPCs puede ser la mitad o un décimo o cualquier fracción de la toxicidad de la 2,3,7,8-DDTC. Los científicos llaman a esta fracción Factor de Toxicidad Equivalente.

1.2 ¿QUÉ LES SUCEDE A LAS DDPCs CUANDO ENTRAN AL MEDIO AMBIENTE?

Las DDPCs se liberan al aire en emisiones desde incineradores de residuos sólidos, tanto municipales como industriales. El escape de vehículos motorizados que usan gasolina con o sin plomo o combustible diesel también liberan DDPCs al aire. Otras fuentes de DDPCs en el aire incluyen a las emisiones de plantas que usan petróleo o carbón como combustible y a la combustión de compuestos clorados tales como BPCs y humo de cigarrillo. Las DDPCs que se forman durante procesos de combustión están asociadas con pequeñas partículas en el aire, como por ejemplo partículas de ceniza. Las partículas de mayor tamaño se depositarán cerca de la fuente de emisión, mientras que las partículas pequeñas pueden ser transportadas largas

distancias. Ciertas dioxinas con bajo contenido de cloro (bi, tri y algunas tetracloradas) pueden evaporarse desde las partículas (y del suelo y la superficie del agua) y ser transportadas largas distancias en la atmósfera, posiblemente alrededor del mundo. Se ha estimado que entre el 20 y 60% de la 2,3,7,8-DDTC en el aire está en la fase gaseosa. La luz solar y las sustancias químicas en la atmósfera degradarán una porción muy pequeña de las DDPCs, pero la mayor parte de las DDPCs se depositarán sobre la tierra o el agua.

Las DDPCs se producen como contaminantes en la manufactura de varios plaguicidas y herbicidas clorados, y pueden liberarse al aire durante el uso de estos productos. Debido a que las DDPCs permanecen en el ambiente durante largo tiempo, la contaminación causada por el uso de plaguicidas y herbicidas en el pasado continua siendo materia de preocupación. Más aun, el almacenamiento o la disposición impropia de estos plaguicidas y de los residuos generados durante su producción pueden conducir a contaminación del suelo y del agua.

Las DDPCs se liberan en las aguas residuales de industrias del papel que usan cloro o sustancias que contienen cloro en el proceso de blanqueamiento. Algunas DDPCs que se depositan en o cerca de la superficie del agua serán degradadas por la luz solar. Una porción muy pequeña de las DDPCs en el agua se evaporará al aire. Debido a que las DDPCs no se disuelven fácilmente en agua, la mayor parte de las DDPCs en el agua se adherirán fuertemente a partículas de tierra o materia orgánica y eventualmente se depositarán en el fondo. Las DDPCs también pueden adherirse a plantas y a animales microscópicos (plancton) que son consumidos por animales más grandes, los que a su vez son consumidos por animales aun más grandes. Este proceso se llama la cadena alimentaria. La concentración de sustancias químicas tales como las DDPCs con sustitución 2,3,7,8, que son las más tóxicas y son difíciles de degradar para los animales, generalmente aumenta en cada paso de la cadena alimentaria. Este proceso llamado biomagnificación, es la razón por la cual niveles no detectables de DDPCs en el agua pueden transformarse eventualmente en concentraciones que pueden medirse en animales acuáticos. La cadena alimentaria es el proceso principal debido al cual los peces más grandes pueden acumular proporcionalmente más DDPCs en sus tejidos. Sin embargo, algunos peces pueden acumular DDPCs si se alimentan de partículas contaminadas que se encuentran en el fondo.

Las DDPCs que se depositan sobre el suelo y que provienen de fuentes de combustión o de la aplicación de herbicidas o plaguicidas se adhieren firmemente al suelo y, por lo tanto, es improbable que contaminen el agua subterránea porque no se profundizan en el suelo. Sin embargo, la presencia de otros contaminantes químicos en el suelo, por ejemplo los que se encuentran en sitios de desechos peligrosos o los asociados con derrames de sustancias químicas (por ejemplo derrames de petróleo), pueden disolver a las DDPCs, facilitando su movilización a través del suelo. La movilización de desechos químicos que contienen DDPCs a través del suelo ha producido contaminación del agua subterránea. La erosión del suelo y el agua de escorrentía también pueden transportar DDPCs hacia aguas de superficie. Una cantidad muy pequeña de DDPCs se evaporará de la superficie del suelo al aire. Ciertos tipos de bacterias y hongos en el suelo pueden degradar a las DDPCs, pero el proceso es muy lento. De hecho, las DDPCs pueden permanecer en el suelo durante muchos años. Las plantas incorporan solamente cantidades de DDPCs muy bajas a través de las raíces. La mayor parte de las DDPCs que se encuentran en las partes de las plantas sobre la superficie del suelo proviene del aire o polvo o del uso previo de plaguicidas o herbicidas que contenían DDPCs. Los animales (como el ganado) que se alimentan de estas plantas pueden acumular las DDPCs en los tejidos de su cuerpo (la carne) y en la leche.

1.3 ¿CÓMO PODRÍA YO ESTAR EXPUESTO A LAS DDPCs?

Las DDPCs se encuentran en niveles muy bajos en el ambiente. Estos niveles se miden en nanogramos y picogramos. Un nanogramo (ng) es la billonésima parte de 1 gramo, y 1 picogramo (pg) es la trillonésima parte de 1 gramo. En algunos suelos contaminados, las concentraciones de DDPCs se expresan como partes por billón. Una parte por billón es 1 parte de DDPC en 1 billón de partes de suelo. En muestras de aire, agua o suelo, la concentración de DDPCs se expresa a menudo como partes por trillón. En algunas áreas rurales donde las concentraciones de DDPCs en el aire o el agua son muy bajas, las mediciones se expresan como partes por cuatrillón (ppq), o sea 1 parte de DDPC en 1 cuatrillón de partes de aire o agua. Las DDPCs se encuentran ampliamente distribuidas en el ambiente, y la mayoría de la gente está expuesta a cantidades muy pequeñas al respirar aire, al consumir alimentos o leche o cuando la piel entra en contacto con materiales contaminados con DDPCs. Para la población general, más

del 90% de la cantidad de DDPCs, DFPCs y otros compuestos similares proviene de los alimentos, principalmente la carne, productos lácteos y pescado. Las DDPCs pueden encontrarse en niveles mucho más bajos en frutas y verduras. La cantidad efectiva de DDPCs que entra al cuerpo a través de los alimentos dependerá de la cantidad y el tipo de alimentos que una persona consume y del nivel de contaminación. Los niveles más elevados pueden encontrarse en alimentos provenientes de áreas contaminadas con sustancias químicas, tales como plaguicidas y herbicidas, que contienen impurezas. Las DDPCs se han medido en leche humana, leche de vaca y en fórmulas infantiles, de manera que se sabe que los niños están expuestos a las DDPCs.

La mayor parte de las aguas de superficie en los Estados Unidos generalmente no contienen 2,3,7,8-DDTC u otros DDPCs en niveles que pueden medirse (1 ppq o más). El agua potable municipal generalmente no contiene DDPCs porque las DDPCs no se disuelven en agua y se adhieren a partículas que generalmente se eliminan al filtrar el agua tratada. Esto significa que usar agua potable para lavar ropa o para bañarse o nadar en piscinas, en lagos, ríos u océanos sin contaminación no expondrá a la gente a niveles significativos de DDPCs. Sin embargo, en ciertas ocasiones se han detectado DDPCs en aguas subterráneas sin filtrar en áreas que se sabe están contaminadas con DDPCs.

La exposición a las DDPCs también puede ocurrir a través de contacto de la piel con plaguicidas y herbicidas clorados, con suelos contaminados o con otros materiales tales como madera tratada con pentaclorofenol y fluidos de transformadores que contienen BPCs. Los niveles de DDPCs encontrados corrientemente en el suelo son más altos que los que se encuentran normalmente tanto en el aire como en el agua. Los niveles de DDPCs que se detectan normalmente en suelos sin contaminación en los Estados Unidos generalmente son muy bajos o están bajo el nivel de detección. La 2,3,7,8-DDTC generalmente no se encuentra en suelos de áreas rurales, pero sí se encuentra en el suelo en áreas industrializadas en niveles que varían entre 0.001 y 0.01 ppb. Sin embargo, se pueden encontrar niveles de 2,3,7,8-DDTC más altos en áreas en las que las DDPCs han contaminado el suelo. Por ejemplo, el suelo contaminado de Times Beach, Missouri, tenía niveles entre 4.4 y 317 ppb.

Si las DDPCs se encuentran en el aire de zonas rurales, generalmente están presentes en niveles muy bajos o en concentraciones cerca del límite de detección del equipo de medición. En el invierno, los niveles de DDPCs pueden ser ligeramente más altos que durante otras estaciones debido a la combustión de madera y otros combustibles para calentar los hogares. En general, los niveles normales de DDPCs en el aire de áreas urbanas son más altos que en áreas rurales. En el aire de áreas urbanas e industriales se encuentran típicamente niveles promedio de 2.3 picogramos de DDPCs por metro cúbico (pg/m³). La 2,3,7,8-DDTC generalmente no se encuentra en el aire rural o urbano, pero sí se encuentra en el aire cerca de incineradores de basura urbanos y en áreas de alto tráfico. El aire alrededor de gente que fuma cigarrillos también puede tener niveles de DDPCs por encima de lo normal. Aunque respirar aire contaminado es una ruta de exposición de poca importancia para la mayoría de la gente, puede haber mayor exposición cerca de estas fuentes de DDPCs.

Se han encontrado DDPCs en todas las muestras de tejido graso y sangre de individuos sin exposición conocida. Esto indica que toda la gente está expuesta a pequeñas cantidades de DDPCs. Los niveles de la 2,3,7,8-DDTC en la sangre de la población general varían entre 3 y 7 ppt (expresado en base a la cantidad de lípidos), y raramente exceden 10 ppt. Típicamente, los niveles de DDPCs son más bajos en países menos desarrollados y en gente más joven.

La producción, uso y disposición de ciertos plaguicidas y herbicidas, la disposición de basura que contiene 2,3,7,8-DDTC, los accidentes industriales que involucran al 2,4,5-triclorofenol (2,4,5-TCF) y el consumo de alimentos contaminados con DDPCs han aumentado la posibilidad de exposición excesiva para ciertos grupos de la población. La 2,3,7,8-DDTC se ha detectado en 91 de los 126 sitios de desechos peligrosos de la NPL en los que se han detectado DDPCs. La gente que vive alrededor de estos sitios puede estar expuesta a niveles de 2,3,7,8-DDTC y de otros DDPCs más altos que lo normal. Se han descrito niveles elevados de DDPCs en pescados, mariscos, aves y mamíferos capturados en áreas alrededor de varias plantas químicas, varios sitios de desechos peligrosos y en industrias del papel que usan cloro para blanquear. En algunas ocasiones estos hallazgos han llevado a la clausura de estas áreas como áreas de pesca. La gente que consume alimentos contaminados provenientes de estas áreas corren un riesgo más alto de exposición a las DDPCs.

La exposición ocupacional a las DDPCs generalmente ocurre al respirar aire contaminado o a través de contacto de la piel con materiales que contienen DDPCs. Los trabajadores con la más alta probabilidad de exposición a niveles de DDPCs por sobre lo normal son aquellos que participan en la producción o manejo de ciertos fenoles clorados (tal como el 2,4,5-TCF, pentaclorofenol) o plaguicidas o herbicidas clorados (tales como el 2,4,5-T, 2,4-D, hexaclorofeno, Silvex[®]) y aquellos que aplican plaguicidas clorados que contienen DDPCs como impurezas. Las personas cuyos trabajos tienen que ver con el tratamiento de madera con pentaclorofenol y el manejo de productos de madera tratada con pentaclorofenol, con el proceso de cloración en la industria del papel, o que operan incineradores de residuos sólidos municipales o de desechos peligrosos pueden sufrir exposición elevada a DDPCs. Finalmente, los trabajadores que participan en la limpieza de desechos peligrosos o incendios de transformadores o condensadores que contienen BPCs y el personal de emergencia tal como bomberos y policías que responden a llamadas de incendio también corren un riesgo más alto de exposición a las DDPCs. La mayoría de estas exposiciones ocupacionales se han reducido significativamente en los últimos años.

En general, los trabajadores involucrados en la manufactura de 2,4,5-TCF y productos derivados de éste se expusieron a niveles de 2,3,7,8-DDTC mucho más altos que aquellos que participaron en el manejo y aplicación de plaguicidas clorados que contenían DDPCs. Los niveles actuales de 2,3,7,8-DDTC en la sangre de un grupo pequeño de veteranos de la Fuerza Aérea de los EE.UU. que tuvieron directa participación en el rociado de herbicidas (Agente Naranja contaminado con 2,3,7,8-DDTC) en Vietnam son hasta 3 veces más altos que los de la población general. Sin embargo, mientras los estudios de los niveles de 2,3,7,8-DDTC en la sangre o tejido graso de veteranos de la infantería que combatieron en Vietnam también encontraron algunos individuos con niveles de 2,3,7,8-DDTC más altos que los de la población general, la mayoría de los veteranos de Vietnam y los vietnamitas que viven en Vietnam que se han estudiado hasta la fecha tienen niveles de 2,3,7,8-DDTC en la sangre y tejido graso similares a los de la población general.

1.4 ¿CÓMO PUEDEN LAS DDPCs ENTRAR Y ABANDONAR MI CUERPO?

Las DDPCs pueden entrar a su cuerpo cuando usted respira aire contaminado, ingiere alimentos contaminados o su piel entra en contacto con suelo u otros materiales contaminados. La manera más común a través de la cual pueden entrar al cuerpo es ingiriendo alimentos contaminados con DDPCs.

Si usted respira aire que contiene DDPCs, las DDPCs pueden entrar a su cuerpo a través de los pulmones y pasar a la corriente sanguínea, pero no sabemos con que rapidez o cuanta cantidad de DDPCs entrará a la corriente sanguínea. Si usted traga alimentos o agua que contiene DDPCs, la mayoría de las DDPCs entrarán a su cuerpo y pasarán desde los intestinos a la corriente sanguínea. Cantidades menores de DDPCs con alto contenido de cloro entrarán a su cuerpo comparado con la cantidad de 2,3,7,8-DDTC. Si usted traga suelo que contiene DDPCs, una pequeña cantidad de las DDPCs pasará a través de los intestinos a la corriente sanguínea. Si su piel entra en contacto con suelo contaminado con DDPCs, algunas DDPCs entrarán al cuerpo, pero no sabemos con que rapidez o cuanta cantidad pasará a la sangre.

Una vez en su cuerpo, las DDPCs se pueden encontrar en la mayoría de los tejidos; las cantidades más altas se encuentran en el hígado y la grasa corporal. La grasa corporal y posiblemente el hígado pueden almacenar las DDPCs durante muchos años antes de que se eliminen del cuerpo. Las DDPCs con átomos de cloro en las posiciones 2, 3, 7, y 8 y las DDPCs con alto contenido de cloro, como la octaclorodibenzo-*p*-dioxina, generalmente se encuentran en la grasa en concentraciones más altas que otras DDPCs.

Se sabe poco acerca de la degradación de las DDPCs en seres humanos. Los estudios en animales han demostrado que cierta cantidad de la 2,3,7,8-DDTC en los alimentos es degradada lentamente. Hay evidencia de estudios en animales que sugiere que los productos de degradación de la 2,3,7,8-DDTC son menos dañinos que la 2,3,7,8-DDTC.

En seres humanos, el tiempo promedio que tarda la mitad de la 2,3,7,8-DDTC en el cuerpo en ser eliminada del cuerpo varía considerablemente y puede ser entre 7 y 12 años. Aunque existe

menos información acerca de las otras DDPCs, los datos disponibles sugieren que eliminar la mitad de DDPCs que se encuentra en el cuerpo puede tardar de 5 hasta 15 años. Las DDPCs son eliminadas del cuerpo principalmente en las heces, y sólo una pequeña cantidad es eliminada en la orina. Algunas DDPCs son eliminadas del cuerpo en la leche materna de madres que lactan.

Existe mucho menos información acerca de la cantidad de otras DDPCs que entra al cuerpo, el tiempo que permanecen almacenadas en el cuerpo y como se eliminan del cuerpo.

1.5 ¿CÓMO PUEDEN LAS DDPCs AFECTAR MI SALUD?

Para proteger al público de los efectos perjudiciales de sustancias químicas tóxicas, y para encontrar maneras para tratar a personas que han sido afectadas, los científicos usan una variedad de pruebas.

Una manera para determinar si una sustancia química perjudicará a una persona es averiguar si la sustancia es absorbida, usada y liberada por el cuerpo. En el caso de ciertas sustancias químicas puede ser necesario experimentar en animales. La experimentación en animales también puede usarse para identificar efectos sobre la salud como cáncer o defectos de nacimiento. Sin el uso de animales de laboratorio, los científicos perderían un método importante para obtener información necesaria para tomar decisiones apropiadas con el fin de proteger la salud pública. Los científicos tienen la responsabilidad de tratar a los animales de investigación con cuidado y compasión. Actualmente hay leyes que protegen el bienestar de los animales de investigación, y los científicos deben adherirse a estrictos reglamentos para el cuidado de los animales.

Hay muchos estudios de los efectos de las DDPCs en seres humanos. La mayoría de estos estudios evaluaron a trabajadores expuestos durante la manufactura de sustancias químicas y plaguicidas contaminados con 2,3,7,8-DDTC. Otros estudios han evaluado a veteranos de la guerra de Vietnam y a grupos de vietnamitas expuestos al Agente Naranja y a poblaciones expuestas a la 2,3,7,8-DDTC a cause de accidentes. Los trabajadores y los veteranos de Vietnam estuvieron expuestos probablemente a la 2,3,7,8-DDTC principalmente a través de inhalación y contacto con la piel. Las personas que estuvieron expuestas accidentalmente a la 2,3,7,8-DDTC

en Seveso, Italia, o en Times Beach, Missouri, probablemente se expusieron a través de la ingestión de alimentos y leche contaminados, inhalación de partículas y polvo contaminados, contacto de la piel con suelo contaminado, y al llevarse las manos a la boca. La epidemiología es una ciencia inexacta y muchos de los estudios en seres humanos han tenido limitaciones que hacen difícil para los científicos establecer una conexión entre los niveles de exposición a la 2,3,7,8-DDTC y efectos a la salud. Un problema frecuente que se encuentra en los estudios de seres humanos es que las personas están expuestas a varias sustancias químicas simultáneamente. En la mayoría de los estudios en seres humanos, no se conocen ni los niveles de exposición a la 2,3,7,8-DDTC ni la duración de la exposición. En otros estudios, las personas fueron examinadas muchos años después de la exposición y algunos de los efectos pueden haber desaparecido al tiempo de la evaluación, o puede que los efectos observados no hayan sido causados por la 2,3,7,8-DDTC. Algunos de los estudios más recientes han medido los niveles de 2,3,7,8-DDTC en la sangre o el tejido graso de las personas expuestas. Estos niveles pueden ser usados para estimar la magnitud de las exposiciones en el pasado.

Se han observado numerosos efectos en personas expuestas a niveles de 2,3,7,8-DDTC por lo menos 10 veces más altos que los niveles comunes. El efecto más evidente que se observa en personas expuestas a cantidades relativamente altas de 2,3,7,8-DDTC es el cloracné. Esta condición es una enfermedad grave de la piel caracterizada por lesiones similares al acné. El cloracné se manifiesta generalmente en la cara y la parte superior del cuerpo, pero puede ocurrir en otras áreas del cuerpo. A diferencia del acné común, el cloracné grave es difícil de curar y puede producir una seria desfiguración. En casos más leves, las lesiones sanan varios meses después de que la exposición termina. En casos más graves, las lesiones pueden durar muchos años después de la exposición. La mayoría de los casos de cloracné han sido atribuidos a exposición accidental a altas dosis de 2,3,7,8-DDTC. Otros efectos de la piel que se han descrito en personas después de exposición a altos niveles de 2,3,7,8-DDTC incluyen enrojecimiento de la piel, descoloramiento y cantidad excesiva de vellos en el cuerpo. En algunas personas se han observado alteraciones de la sangre y la orina que sugieren daño del hígado. Se han descrito alteraciones en la habilidad del hígado para degradar hemoglobina, lípidos, azúcar y proteína en personas expuestas a concentraciones de 2,3,7,8-DDTC relativamente altas. La mayoría de estos efectos fueron reversibles y se consideraron como efectos leves. Sin embargo, en ciertas personas, estos efectos pueden durar años. En algunos estudios de personas expuestas a la 2,3,7,8-DDTC se ha observado un leve aumento del riesgo para desarrollar diabetes y tolerancia

anormal a la glucosa. No tenemos suficiente información para determinar si la exposición a la 2,3,7,8-DDTC afectará la reproducción o el desarrollo en seres humanos, pero los estudios en animales indican que la posibilidad de que estos efectos ocurran en seres humanos es materia de preocupación. Varios estudios de trabajadores expuestos a altos niveles de 2,3,7,8-DDTC (con una cantidad de 2,3,7,8-DDTC en el cuerpo más de 50 veces más alta que las normales) sugieren que la exposición a la 2,3,7,8-DDTC puede aumentar el riesgo de desarrollar cáncer en seres humanos.

El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) ha determinado que es razonable anticipar que la 2,3,7,8-DDTC puede producir cáncer. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha determinado que la 2,3,7,8-DDTC puede producir cáncer en seres humanos y que no es posible clasificar a otras DDPCs en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos. La EPA ha determinado que la 2,3,7,8-DDTC es probablemente carcinogénica en seres humanos cuando se considera por sí sola y cuando se considera en conjunto con fenoxi-herbicidas y/o clorofenoles. La EPA también ha determinado que una mezcla de DDPCs con seis átomos de cloro (4 de los 6 átomos en las posiciones 2, 3, 7 y 8) es probablemente carcinogénica en seres humanos.

La 2,3,7,8-DDTC ha sido la DDPC más intensamente estudiada y se ha demostrado que causa un sinnúmero de efectos en animales. Siempre habrán algunas dificultades cuando se usan datos de estudios con animales para estudiar los riesgos a la salud en seres humanos. En general, las dosis que se usan en estudios en animales producen acumulación de cantidades de DDPCs en el cuerpo 10 veces más altas que la cantidad que normalmente se encuentra en seres humanos. Más aun, a menudo los estudios en animales usan dosis 1,000 veces más altas que las que se detectan normalmente en seres humanos. Ciertas especies de animales son mucho más sensibles que otras especies a los efectos agudos de la 2,3,7,8-DDTC. Por ejemplo, para matar un hámster se necesitan varios miles de veces más 2,3,7,8-DDTC que para matar a un cobayo. La causa de las diferencias aun no se ha elucidado, pero se está estudiando. Para otros efectos, como por ejemplo efectos sobre la reproducción, hay muy poca diferencia en sensibilidad entre hámster y cobayos. Otro factor que debe considerarse cuando se usan datos en animales para predecir efectos en seres humanos expuestos a las DDPCs en el ambiente es el diseño de los estudios en animales. En la mayoría de los estudios en animales, los animales fueron expuestos solamente a 2,3,7,8-DDTC, la más tóxica de las DDPCs. La 2,3,7,8-DDTC es raramente la DDPC que se

encuentra con más frecuencia en el ambiente y la gente típicamente está expuesta a una variedad de DDPCs y a compuestos con propiedades tóxicas similares. Hasta que los científicos sepan más acerca de las posibles diferencias entre seres humanos y animales, los niveles que se cree constituyen un riesgo mínimo a la salud o que no constituyen riesgo están basados en la especie más sensible y la suposición de que los efectos observados en animales pueden ocurrir en seres humanos. Este enfoque se justifica aun más en base al hecho de que es probable que los seres humanos exhiban una amplia gama de sensibilidades a una variedad de efectos y a la necesidad de proteger a los individuos con la más alta susceptibilidad.

En ciertas especies animales, la 2,3,7,8-DDTC es particularmente perjudicial y puede producir la muerte luego de una exposición única a pequeñas cantidades. Antes de fallecer, los animales pueden perder hasta el 40% del peso corporal después de una sola dosis de 2,3,7,8-DDTC. La exposición a niveles que no son fatales añadidos a los alimentos puede producir una amplia variedad de efectos adversos en los animales, como por ejemplo pérdida de peso y alteraciones bioquímicas y degenerativas del hígado. Algunos animales que fueron expuestos a las DDPCs en sus alimentos exhibieron efectos de la piel, tales como pérdida de pelo, hinchazón de la cara y cloracné moderado a grave. En muchas especies de animales, el sistema inmunitario parece ser sumamente sensible a la 2,3,7,8-DDTC. A niveles relativamente bajos (aproximadamente 10 veces más altos que los niveles usuales en seres humanos), la 2,3,7,8-DDTC debilita el sistema inmunitario y causa una disminución de la capacidad del sistema para combatir bacterias o virus.

La exposición a la 2,3,7,8-DDTC puede alterar la reproducción y producir defectos de nacimiento en animales. En animales expuestos a la 2,3,7,8-DDTC en los alimentos se han descrito esterilidad, alteración de los niveles de hormonas sexuales, reducción de la producción de espermatozoides y un aumento de la frecuencia de abortos. Las ratas y los ratones que fueron expuestos a pequeñas cantidades de 2,3,7,8-DDTC en los alimentos durante un período prolongado desarrollaron cáncer del hígado y de la tiroides, y otros tipos de cáncer.

Los resultados de los estudios de exposición oral en animales sugieren que los efectos que ocurrirán con las dosis más bajas ocurren sobre los sistemas inmunitario y endocrino y sobre el desarrollo. Es razonable suponer que estos sistemas también serán los más sensibles en seres humanos.

Se sabe mucho menos acerca de los efectos a la salud de otras DDPCs. Sin embargo, parece que todas las DDPCs con cloro en las posiciones 2, 3, 7 y 8 tienen efectos similares a la 2,3,7,8-DDTC, aunque los efectos ocurren con dosis más altas.

La aplicación de cantidades relativamente altas de 2,3,7,8-DDTC sobre la piel de algunos animales ha producido la muerte. La aplicación de cantidades más bajas ha producido pérdida de peso, lesiones similares al acné en la piel y alteraciones bioquímicas y degenerativas en el hígado. Además, los ratones a los que se aplicó repetidamente 2,3,7,8-DDTC en la piel desarrollaron cáncer de la piel. Aunque los efectos de la aplicación de DDPCs en la piel de animales no han sido tan extensamente estudiados como los producidos por administración oral, los efectos parecen ser muy similares. La habilidad de otras DDPCs para causar efectos nocivos en animales después de aplicación a la piel no han sido bien estudiados.

1.6 ¿CÓMO PUEDEN LAS DDPCs AFECTAR A LOS NIÑOS?

Esta sección discute los posibles efectos sobre la salud en seres humanos expuestos durante el período desde la concepción a la madurez a los 18 años de edad. También se consideran los posibles efectos en los niños causados por exposición de los padres.

Muy pocos estudios han investigado los efectos de las DDPCs sobre la salud de los niños. En niños expuestos a niveles de 2,3,7,8-DDTC mucho más altos que los que ocurren normalmente en el ambiente se ha observado cloracné. Los niños parecen ser más susceptibles a este efecto que los adultos aunque no se sabe por qué. Es probable que los niños expuestos a niveles más altos que los normales sufran efectos similares a los adultos.

No sabemos si la exposición a las DDPCs producirá defectos de nacimiento u otros efectos del desarrollo en seres humanos. Se han observado defectos de nacimiento en animales expuestos a niveles de 2,3,7,8-DDTC más altos que lo normal. Durante el desarrollo, los animales son muy sensibles a la 2,3,7,8-DDTC. En algunos estudios, se observaron efectos con niveles en el cuerpo 10 veces más altos que los niveles que se detectan normalmente en el cuerpo de seres humanos. A menudo las crías de animales expuestos a la 2,3,7,8-DDTC en los alimentos durante la preñez nacieron con defectos de nacimiento tales como hemorragias, deformidades del

esqueleto, defectos de los riñones, alteraciones del sistema inmunitario, desarrollo anormal del sistema reproductivo y alteraciones del aprendizaje y del comportamiento. La exposición a otras DDPCs, por ejemplo la 2,7-biclorodibenzo-*p*-dioxina, 1,2,3,7,8-pentaclorodibenzo-*p*-dioxina, octaclorodibenzo-*p*-dioxina y hexaclorodibenzo-*p*-dioxina, también puede alterar el desarrollo en animales.

No hay ninguna información que sugiera que hay diferencias entre niños y adultos en cuanto a la cantidad de DDPCs que entrarán al cuerpo, el lugar del cuerpo donde se acumulan y la rapidez con la que abandonarán el cuerpo. Las DDPCs pueden pasar de la madre al feto a través de la placenta. También pueden transferirse de la madre al bebé a través de la leche materna. Debido a que se han medido en la leche materna en seres humanos, en leche de vaca y en fórmulas infantiles, los niños que lactan también están expuestos a las DDPCs. En la mayoría de los casos, los aspectos beneficiosos (biológicos y psicológicos) de la alimentación con leche materna preponderan sobre los riesgos de exposición a las DDPCs en la leche materna.

1.7 ¿CÓMO PUEDEN LAS FAMILIAS REDUCIR EL RIESGO DE EXPOSICIÓN A LAS DDPCs?

Si su doctor encuentra que usted ha estado expuesto a cantidades significativas de DDPCs, pregunte si sus niños también podrían haber estado expuestos. Puede que su doctor necesite pedir que su departamento estatal de salud investigue.

Algunos materiales que se usan en la construcción de viviendas tales como madera tratada para terrazas de madera (decks) y cañerías de plástico de PVC usadas para transportar agua y otras tuberías pueden liberar DDPCs si se queman como desechos de construcción o a raíz de incendios de viviendas. Para evitar las exposiciones a estas fuentes, los materiales de desechos de la construcción no deben quemarse cerca de su hogar, especialmente cuando los niños están jugando al aire libre.

Los niños pueden estar expuestos a las DDPCs si ingieren suelo contaminado o a través de contacto de la piel con suelo contaminado. Sin embargo, la cantidad de DDPCs que pasa a la corriente sanguínea a raíz de contacto de la piel con suelo contaminado es mucho más baja que si ingieren suelo contaminado. Además, la cantidad de DDPCs que pasará a la corriente sanguínea

luego de ingerir suelo contaminado dependerá del tipo de suelo y de cuan fuertemente las DDPCs están adheridas al suelo. Debe evitarse que los niños jueguen cerca de sitios de desechos peligrosos. Algunos niños ingieren cantidades significativas de tierra. Enséñele a los niños a no comer tierra y a no poner en la boca los juguetes u otros objetos que pueden estar contaminados con tierra. Asegúrese de que los niños se laven las manos con frecuencia, especialmente antes de comer. Enséñele a los niños a no llevarse las manos a la boca.

Los adolescentes puede estar expuestos a las DDPCs si fuman cigarrillos. Los niños menores pueden estar expuestos al inhalar el humo de cigarrillo que queda en el aire cuando fuman sus padres u otras personas adultas. Los padres deben conversar con sus niños acerca de los peligros de fumar cigarrillos.

Es probable que usted y sus niños estén expuestos a cantidades muy pequeñas de DDPCs en la dieta, especialmente cuando usted consume carne, leche, otros productos lácteos y pescado. Para la mayoría de la gente, éstos representan la fuente más importante de exposición a las DDPCs. Los niños y los adultos deben alimentarse con una dieta equilibrada que contenga preferentemente cantidades bajas a moderadas de grasa animal (carne y productos lácteos) y del tipo de pescados que contienen las cantidades más altas de DDPCs y deben comer cantidades más altas de frutas, verduras y cereales.

Usted y sus niños pueden estar expuestos a las DDPCs al comer ciertos tipos de pescados o animales silvestres capturados en ciertas áreas. Muchos estados han promulgado alertas para las DDPCs en ciertos pescados y mariscos y un estado ha promulgado un alerta para cierto tipo de patos. Cada estado, tribu de Nativos Americanos o territorio de los EE.UU. establece sus propios criterios para emitir alertas de consumo de pescados y animales silvestres. Un alerta de consumo de pescados especificará los cuerpos de agua donde hay restricciones, y un alerta para animales silvestres especificará las áreas de caza donde existen restricciones. El alerta de consumo le indicará el tipo y el tamaño de los peces o aves que son materia de preocupación. El alerta de consumo puede prohibir completamente el consumo de peces o aves o puede recomendar que usted limite el consumo de ciertas especies. Por ejemplo, un alerta de consumo puede recomendar que usted consuma un cierto tipo de pescado no más de una vez al mes. El alerta también puede recomendar que usted consuma solamente ciertas partes del pescado o del ave y como cocinarlas para minimizar la exposición a las DDPCs. Generalmente las alertas de

consumo de peces y animales silvestres son más estrictas para mujeres embarazadas, madres que lactan y niños pequeños. Para reducir la exposición de sus niños a las DDPCs, obedezca todas las alertas de consumo de peces y animales silvestres. El Departamento de Salud Pública o el Departamento de Recursos Naturales de su estado pueden suministrarle información acerca de Alertas de Consumo de Peces y Animales Silvestres. Además, pueden haber avisos situados en ciertas áreas de pesca y caza.

1.8 ¿HAY ALGÚN EXAMEN MÉDICO QUE DEMUESTRE QUE HE ESTADO EXPUESTO A LAS DDPCs?

Hay exámenes para medir los niveles de DDPCs en muestras de grasa, sangre y leche materna, pero estos exámenes no están disponibles rutinariamente. Toda la gente tiene en la actualidad cierta cantidad de DDPCs en la grasa corporal y en la sangre. Los niveles de 2,3,7,8-DDTC en la sangre y en la grasa corporal de la población de los Estados Unidos generalmente son menores de 10 pg/g de lípidos (ppt), y generalmente varían entre 3 y 7 ppt. Niveles más altos que estos indican exposición a niveles de 2,3,7,8-DTC más altos que lo normal. Aunque las DDPCs permanecen en la grasa corporal durante mucho tiempo (vea la Sección 1.4), los exámenes de DDPCs en la grasa no se utilizan para determinar cuando la exposición ocurrió, pero pueden usarse para estimar la dosis a la que se expuso si se sabe cuando ocurrió la exposición.

Aunque la exposición a la 2,3,7,8-DDTC se ha asociado con efectos adversos en seres humanos, no hay ningún efecto específico relacionado con exposición a las DDPCs. Hay exámenes de laboratorio que pueden indicar si usted ha estado expuesto a las DDPCs, pero son costosos, tardan semanas en llevarse a cabo y no pueden predecir si usted sufrirá efectos adversos.

1.9 ¿QUÉ RECOMENDACIONES HA HECHO EL GOBIERNO FEDERAL PARA PROTEGER LA SALUD PÚBLICA?

El gobierno federal desarrolla reglamentos y recomendaciones para proteger la salud pública. Los reglamentos pueden ser impuestos por ley. Las agencias federales que desarrollan reglamentos para sustancias tóxicas incluyen a la EPA, la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) y la Administración de Alimentos y Drogas (FDA). Las recomendaciones proveen instrucciones valiosas para proteger la salud pública, pero no pueden imponerse por ley.

Las organizaciones federales que desarrollan recomendaciones para sustancias tóxicas incluyen a la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) y el Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH).

Los reglamentos y recomendaciones pueden ser expresados como ‘niveles-que-no-deben-excederse’ en el aire, agua, suelo o alimentos y se basan generalmente en niveles que afectan a los animales. Estos niveles luego se ajustan para la protección de seres humanos. En ciertas ocasiones estos ‘niveles-que-no-deben-excederse’ difieren entre organizaciones federales debido a las diferentes duraciones de exposición (una jornada de 8 horas al día o de 24 horas al día), el uso de diferentes estudios en animales u otros factores.

Las recomendaciones y los reglamentos son actualizados periódicamente a medida que se dispone de información adicional. Para obtener la información más reciente, consulte a la organización o agencia federal que la otorga. Los siguientes son algunos reglamentos y recomendaciones para las DDPCs:

El gobierno ha desarrollado normas y recomendaciones para la 2,3,7,8-DDTC. Éstas están diseñadas para proteger al público de los efectos potencialmente adversos para la salud de esta sustancia química. La FDA recomienda no consumir pescados y mariscos con niveles de 2,3,7,8-DDTC mayores de 50 ppt. Estos niveles han causado la clausura de varias áreas de pesca comercial. Además, la EPA ha dado instrucciones a los estados acerca de como evaluar los riesgos a la salud tanto para pescadores que subsisten de la pesca como para aquellos que pescan por deporte, y acerca de como emitir alertas de consumo de peces cuando las concentraciones de DDPCs en los peces y mariscos presentan riesgo para estos grupos. En la actualidad, 21 estados han emitido 66 alertas de salud restringiendo el consumo de pescados y mariscos contaminados con DDPCs. La EPA también recomienda límites para la cantidad de 2,3,7,8-DDTC que puede estar presente en el agua potable. La EPA aconseja que los niños no consuman agua que tiene más de 1 nanogramo de 2,3,7,8-DDTC por litro de agua (ng/L ó ppt) en 1 día, o más de 0.01 ng/L al día durante períodos más prolongados. Para exposición prolongada de adultos, la EPA recomienda que no haya más de 0.04 ng/L en el agua potable.

La leche humana puede contener niveles de DDPCs más altos que la leche de vaca. Por lo tanto, niños que lactan pueden estar expuestos a niveles de DDPCs más altos que los adultos, en base a

peso corporal. La Organización Mundial de la Salud (WHO) ha concluido que para niños, el riesgo de la alimentación con leche materna con los niveles de dioxinas que se encuentran en la población general, es de poca importancia comparado con los beneficios biológicos y psicológicos de ser alimentado con leche materna. Sin embargo, la concentración específica a la cual los niveles de DDPCs en la leche materna producen efectos adversos en los niños no se ha determinado.

El establecimiento de normas para las numerosas fuentes de DDPCs parece haber tenido éxito en reducir la cantidad de DDPCs que entra al ecosistema y en disminuir el potencial de exposición para seres humanos. Tanto la EPA como la ATSDR clasifican a la 2,3,7,8-DDTC como sustancia peligrosa. Existen numerosos reglamentos que controlan su destrucción y disposición.

1.10 ¿DÓNDE PUEDO OBTENER MÁS INFORMACIÓN?

Si usted tiene preguntas o preocupaciones adicionales, por favor contacte al departamento de salud y calidad ambiental de su comunidad o estado o a la

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades
División de Toxicología
1600 Clifton Road NE, Mailstop F-32
Atlanta, GA 30333
Dirección vía WWW: <http://www.atsdr.cdc.gov/es/> en español

*Línea para información y asistencia técnica

Teléfono: 1-888-42-ATSDR (1-888-422-8737)
Facsimil: 1-770-488-4178

La ATSDR también puede indicarle la ubicación de clínicas de salud ocupacional y ambiental. Estas clínicas se especializan en la identificación, evaluación y el tratamiento de enfermedades causadas por la exposición a sustancias peligrosas.

*Para solicitar reseñas toxicológicas contacte a

National Technical Information Service
5285 Port Royal Road
Springfield, VA 22161
Teléfono: 1-800-553-6847 ó 1-703-605-6000