

# DIOXINAS

## UNA AMENAZA DESDE EL MEDIOAMBIENTE

Juan Luengo L. MV.



El 3 de julio del presente año, la prensa escrita, radial y de televisión dan a conocer una impactante noticia: la National Veterinary Research & Quarentine Service (NVRQS) de Corea del Sur decide suspender provisoriamente la importación de carnes de cerdos chilenas debido a la detección de un alto nivel de dioxina. De igual forma, posteriormente el 11 de julio, Japón también la suspende de forma preventiva.

Debido a esta situación el Ministerio de Agricultura a través del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) adoptó la medida de suspender la exportación de carne de cerdo provenientes de plantas con altos niveles de dioxinas (sobre 2 pg) e implementó programas de trazabilidad de los productos en los predios y auditorias en las fábricas de alimentos e insumos para animales con el objeto de conocer el origen del problema, para de esta forma superar la emergencia, y garantizar que las carnes exportadas cumplen con los requisitos exigidos por el mercado internacional y los

de consumo a nivel nacional. Ante la presencia de dioxina en alimentos, como el caso en carne de cerdos exportadas, es importante conocer sobre este compuesto tóxico, dado que en nuestro país no existe un adecuado conocimiento de sus características, su origen, formas de contaminación, niveles tolerables y los riesgos efectivos a corto y largo plazo.

### ¿Qué son las dioxinas?

Las dioxinas son contaminantes ambientales. No existen en la naturaleza, sólo existen como contaminantes ambientales.

Constituyen un grupo de productos químicos peligrosos que forman parte de los llamados “contaminantes orgánicos persistentes” (COP). Deben su origen a procesos térmicos de materias orgánicas y compuestos clorados en presencia de oxígeno, como resultado de una combustión incompleta o

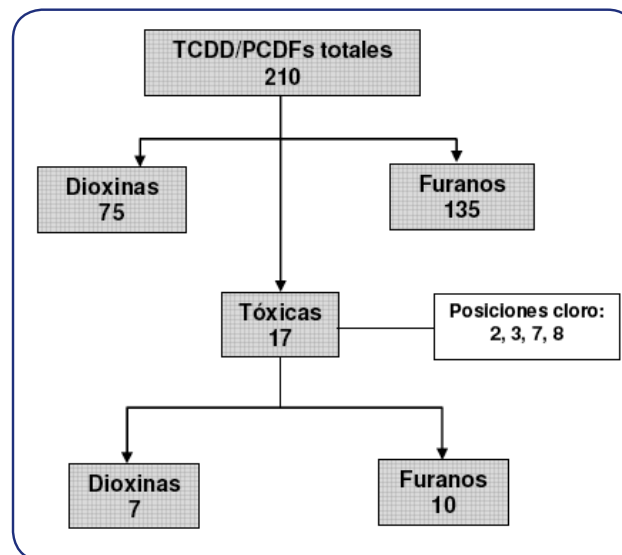
secundaria no deseada, como producto residual general y mayoritariamente en pequeñas cantidades.

Se caracterizan por su alto poder tóxico que una vez ingresado al organismo, persisten en él durante mucho tiempo dado su estabilidad y a su fijación en el tejido graso donde se almacenan. Los seres vivos no han desarrollado la capacidad para metabolizarlos y detoxificarlos, por lo que tienden a bioacumularse.

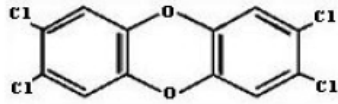
El término dioxina hace referencia a un grupo de sustancias químicas cloradas, de carácter orgánico y de estructura química similar. Estas sustancias poseen propiedades tóxicas en función del número y de la posición de los átomos de cloro presentes en su estructura. La 2,3,7,8 tetraclorodibenzo-p-dioxina (TCDD), dioxina más tóxica y la más estudiada y los policlorodibenzofuranos (PCDF) constituyen una compleja mezcla de organohalogenados con diferentes grados de cloración. Las dioxinas y los furanos son un grupo de 210 compuestos diferentes divididos en 135 furanos y 75 dioxinas, de los cuales sólo los 17 congéneres clorados en las posiciones 2,3,7,8 se consideran tóxicos.

La estructura básica de estos compuestos está constituida por dos anillos bencénicos unidos entre sí, en los TCDD la unión de estos anillos tiene lugar a través de dos átomos de oxígeno, mientras que en los PCDF se realiza por

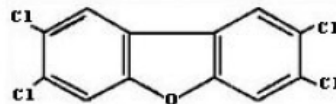
medio de un átomo de oxígeno y un enlace de carbono. Bajo esta designación también se incluyen algunos bifenilos policlorados (PCB) análogos a la dioxina que poseen propiedades tóxicas



de reacciones químicas, y también, de productos de desecho como son los lodos de depuradoras o lixiviados de vertederos. Son compuestos tóxicos que el hombre obtiene como sustancia



**Esquema de las dioxina**



**Esquema de los furanos**

similares.

En términos generales se trata de compuestos orgánicos clorados, muy estables en la naturaleza, permanecen por años en el aire, agua y en el suelo, resistiendo los procesos de degradación físicos y químicos, los que pueden encontrarse en los alimentos en mezclas complejas de diferente tipo de dioxinas.

Sus concentraciones se miden en picogramos (pg; 10-12 g) o partes por trillón (ppt; pg/g), mientras que sus toxicidades –que varía con cada compuesto- se miden en equivalentes tóxicos respecto de la molécula de TCDD o TEQ.

#### **Las Dioxinas y Furanos presentan las siguientes características:**

- Son estables. Permanecen en el aire, el agua, en el suelo cientos de años, resistiendo los procesos de degradación físicos o químicos.
- No existen en la naturaleza, por lo que los seres vivos no han desarrollado métodos para metabolizarlos y detoxificarlos. Resisten por lo tanto la degradación biológica.
- Son más solubles en grasa que en agua por lo que tienden a bioacumularse. La solubilidad en agua decrece cuando aumenta el número de átomos de cloro.
- Tienen una presión de vapor baja, por lo que los hace poco volátiles.
- Son estables a temperaturas inferiores a 850° C y se descomponen con relativa facilidad por la acción de la luz en presencia de hidrógeno, pero cuando se incorporan al suelo o a las corrientes de agua son prácticamente inalterables, persistentes y bioacumulables.
- El tiempo de vida medio de eliminación de dioxina en un ser humano es de 7 a 11 años aproximadamente.

#### **Antecedentes históricos de los efectos de las dioxinas**

1949.- Explosión ocurrida en la planta química de Montesanto en Nitro, Virginia, donde se fabricaba el herbicida 3,2,5 triclofenol.

1963.- Intoxicación masiva en USA que afectó a varios millones de pollos a través de la alimentación con grasa comestible contaminada con pentaclorofenol que estaba contaminado con dioxina.

1962-1970.- Las fuerzas norteamericanas lanzaron con fines militares agentes defoliantes sobre las selvas de Vietnam del Sur que contaminó una zona de un millón de hectáreas con dioxinas, estableciéndose una causalidad directa con diversos procesos patológicos y aceptado por los norteamericanos en 1994. Diez años antes 1984, las empresas fabricantes de los productos utilizados llegaron a un acuerdo económico para evitar acciones legales.

1968.- En Yuso, (Japón), dos mil personas sufrieron envenenamiento por consumo de aceite de arroz contaminado por dioxina.

1976.- En Seveso, Italia, se produjo la liberación masiva de una nube tóxica que contenía dioxina en una proporción de 250 gramos. El accidente tuvo lugar en una planta industrial que fabricaba un desinfectante matando miles de animales y obligó a la evacuación de 700 personas.

1977.- En Holanda, se detectaron pequeñas cantidades de dioxina y furanos en las cenizas de las emisiones gaseosas de algunas de las incineradoras de residuos sólidos.

1981.- En Binghamton (N.Y.,EUA), un transformador explotó seguido de un incendio. El sistema de ventilación distribuyó el hollín y propagó las dioxinas generadas a 18 plantas del edificio

1998.- Se detectaron altas concentraciones de dioxinas en leche vendida en Alemania, cuyo origen se encontraba en la pulpa de cítricos importadas del Bra-

sil y utilizada como alimento.

1999.- En Bélgica, se detectaron altos niveles de dioxinas en pollos y huevos destinados al consumo humano, originados por la contaminación de los alimentos destinados al cebado de las aves. Posteriormente, en otros países se detectó dioxinas en alimentos de origen animal (aves, huevos y cerdos), originado por consumo de alimentos contaminados con aceite industrial de desecho.

2004.- Impactante caso de intoxicación intencionada contra el Presidente de Ucrania Víctor Yushchenko cuyo rostro quedó desfigurado por el acné clórico.

#### **Origen de las dioxinas**

Las dioxinas son compuestos químicos orgánicos clorados, incoloros e inodoros, extremadamente estables en la naturaleza. Segeneran involuntariamente como subproductos no deseados de procesos industriales, pero también pueden producirse en procesos naturales con las erupciones volcánicas (aunque estos procesos contribuyen poco a nivel actual) y los incendios forestales, ya que se las ha detectado en sedimentos, suelos y en ciertos tipos de vegetación. Además, son productos no deseados de procesos metalúrgicos tales como la producción de hierro y acero a altas temperaturas, en blanqueo de la pasta de papel mediante cloro, de igual forma, se pueden concentrar cantidades apreciables en los lodos empleados en procesos de depuración de aguas residuales, también en ciertos procesos de manufactura química e industriales como es la fabricación de PVP y de algunos insecticidas y herbicidas. También suelen ser grandes liberadores de dioxinas al medio ambiente los incineradores de basuras, de residuos sólidos como los residuos hospitalarios debido a la combustión incompleta.

#### **Cómo se contaminan las personas con dioxinas**

Los seres humanos se exponen a la presencia de dioxinas en el organismo dado a que estos compuestos están ampliamente distribuidos en el medio ambiente incorporándose a la cadena



alimentaria donde persisten y bioacumulan, es por ello que muchas personas pueden presentar niveles detectables de esta sustancia en sus tejidos.

Esta contaminación del medio ambiente afecta a todas las plantas terrestres ingeridas directamente o utilizadas como materias primas para la alimentación animal, así como a la cadena alimentaria animal acuática. Las materias primas destinadas a la alimentación animal, al contener dioxinas, pueden perjudicar la salud animal o a la salud humana dada su presencia en los productos de origen animal. El uso de alimentos adecuados para animales, seguros y de buena calidad, son factores importantes para poder garantizar la salud del consumidor y el bienestar animal. Por ello que resulta imprescindible reducir su contenido en las diferentes materias primas destinadas a la alimentación animal; esta reducción deberá tener presente el grado de toxicidad de la sustancia, su bioacumulabilidad y biodegradabilidad, para de esta manera impedir la aparición de efectos indeseables y nocivos para la salud humana.

Agrupadas las posibilidades de exposición o contacto de las personas a las dioxinas y sus diversos efectos múltiples y variados en la salud, se relacionan con:

- Los alimentos ingeridos: Principalmente de origen animal con alto contenido de grasas como carnes, leche y productos lácteos, pescados, mariscos, huevos, etc., los que se contaminan por la deposición de emisiones que vienen de diferentes fuentes.

- Accidentes industriales o tecnológicos: Incendios, derrames
- Contacto por actividad profesional: Industrial, tecnológica
- Contaminación del aire y el ambiente

Resulta interesante destacar que según estimación de los científicos, más del 90% de la contaminación por dioxinas que se acumulan en el cuerpo humano se produce a través de los alimentos y menos de 10% del aire. De ahí que determinar la presencia de estos compuestos debería ser hoy una preocupación de las autoridades sanitarias. Por consiguiente, la protección de los alimentos es crucial, por lo que se deben aplicar medidas en el origen para reducir la emisión de dioxinas, como también, evitar la contaminación secundaria de los alimentos a lo largo de la cadena alimentaria.

En cuanto a accidentes industriales o tecnológicos, contactos por actividad laboral y contaminación del aire y ambiente, éstos han disminuido con los años a raíz de los avances tecnológicos y a la existencia de normas de regulación de las fuentes de emisión de compuestos tóxicos. (Convenio de Estocolmo. 1991)

Dado que más del 90% de la exposición humana a la dioxina procede de los alimentos y, muy especialmente de origen animal, es importante la protección de ellos aplicando medidas en el origen para reducir la emisión de dioxinas, como así mismo evitar la contaminación secundaria a lo largo de la cadena alimentaria. El control y la vigilancia de la alimentación animal, de los aditivos alimentarios y de las sustancias nocivas al medio ambiente, son necesarios para garantizar la seguridad y la salubridad de los alimentos. De ahí que para producir alimentos inocuos es necesario y fundamental buenos controles y buenas prácticas durante la producción, procesamiento, distribución y venta.

#### **Efectos de las dioxinas en la salud humana**

Las dioxinas generan preocupación por su alto poder tóxico. Una vez ingresadas en el organismo persisten en él durante

mucho tiempo dado su estabilidad y a su fijación en el tejido graso donde se almacenan. Los efectos nocivos de las dioxinas en el organismo son a largo plazo, ellos dependerán del nivel de exposición, cuando fue, la duración y frecuencia de la exposición.

La toxicidad en el hombre es conocida parcialmente y sólo a corto plazo, por lo que no hay consenso en que grado son cancerígenos. La certeza que las dioxinas son cancerígenas es débil, ya que ella proviene de extrapolaciones de experiencias realizadas en animales de laboratorio, lo que no significa necesariamente que tendrán el mismo efecto en humanos, sin embargo, es suficiente para tener fundadas sospechas de que también puedan afectar al hombre. Sin embargo, la Organización Mundial de la Salud ha incluido una dioxina (2.3.7.8 TCDD) en su lista oficial de sustancias cancerígenas como consecuencia de un estudio realizado en 25.000 trabajadores expuestos a dosis elevadas en los que se observó un aumento, pequeño pero significativo, de varios tipos de cáncer.

La exposición breve en cantidades elevadas puede provocar lesiones cutáneas como acné clórico y manchas en la piel, alteraciones hepáticas, dolores musculares y articulares, así como también alteraciones neurológicas y psiquiátricas. Exposiciones crónicas a escasas dosis implica un efecto cancerígeno, desordenes de la función de reproducción, efecto sobre el sistema nervioso central en desarrollo y sistema inmunitario. Una disfunción en el sistema inmunitario puede significar una mayor sensibilidad a la infección, aumentar la probabilidad de desarrollo de algunos tipos de cánceres, aparición de alergias o enfermedades autoinmune. La difusión transplacentaria de estos compuestos expone al feto a alteración en el desarrollo y malformaciones debido a la lactancia materna con contenidos de dioxina en la grasa láctea.

La contaminación de los alimentos con dioxinas, por los efectos que provoca, constituye un riesgo para la salud pública, por lo que es necesario adoptar medidas para reducir el nivel de contaminación fijando un límite

máximo de contaminantes en los productos alimenticios.

El cálculo de la ingesta máxima diaria puede contribuir a prevenir problemas de salud.

### **Dioxinas en alimentos: límites máximos tolerables**

La contaminación de los alimentos con dioxinas constituye un riesgo para la salud pública, por lo que es necesario adoptar medidas para reducir su nivel de contaminación. En este sentido una estrategia global para reducir la presencia de dioxinas en los alimentos fue fijar el límite máximo de estas sustancias en varios productos alimenticios.

Una de las prioridades de seguridad es establecer científicamente los contenidos máximos admisibles de ingesta de dioxinas (TCDD) y furanos (PCDF) presente en los alimentos de origen animal y no para los PCB similares a las dioxinas ya que se carecen de datos suficientes. Los contenidos máximos se han establecido respecto a determinados productos alimenticios de origen animal y de pesca, leche y productos lácteos, aceite de vegetales y de pescados y de grasas animales.

Para facilitar la evaluación del riesgo y los controles reglamentarios se utiliza el concepto de Factor de Equivalencia Tóxica (FET). Estos FET de cada sustancia se multiplican por sus respectivas concentraciones, sumándose luego para obtener la Concentración Tóxica Equivalente (TEQ) con el objeto de poder determinar la toxicidad de las diferentes sustancias. Para ello, se utiliza la TCDD como compuesto de referencia, y a las demás dioxinas se les asigna una potencia tóxica en relación con la TCDD a la que se le asigna valor 1.

Durante los últimos 15 años, en la OMS se ha revisado periódicamente los FET de las dioxinas y a compuestos conexos y, de esta manera, ha establecido los valores FET aplicables al ser humano, otros mamíferos (estos actualizados el 2005), las aves y los peces.

Estos FET internacionales se han desarrollado para ser aplicados en la evaluación y gestión de riesgo adoptados

oficialmente por varios países como Canadá, Japón, Unión Europea y los Estados Unidos.

En junio de 2001 el Comité Mixto FAO/OMS, llevó a cabo una evaluación exhaustiva de los riesgos de las TCDD, los PCDF y los PCB análogos a la dioxina, con el fin de proporcionar una orientación sobre los niveles de exposición aceptables partiendo del principio de que hay un umbral para todos los efectos, incluido el cáncer. El Comité de Expertos estableció una ingesta mensual tolerable de 70 pg por kilo de peso corporal de dioxinas que se puede ingerir a lo largo de la vida sin que se produzcan efectos detectables en la salud. Así mismo estableció una Ingesta Diaria Tolerable (IDT) para las dioxinas de 1 a 4 pg I-EQT por kilo de peso corporal por día como una media para toda la vida, de forma que, este valor puede ser sobrepasado sólo por cortos períodos para evitar consecuencias en la salud. El sentido de esta indicación es que el alimento tenga la menor cantidad posible de dioxinas. Las referencias de contenidos máximos de TCDD y PCDF se expresan en Equivalentes Tóxicos de la Organización Mundial de la Salud (EQT-OMS), utilizando los factores de equivalencia de la toxicidad de la misma Organización con la finalidad de poder determinar la toxicidad de las diferentes sustancias y facilitar la evaluación del riesgo y los controles reglamentarios.

La variabilidad de valores de ingesta diaria ha determinado la necesidad de adoptar criterios armonizadores y medidas comunitarias para proteger la Salud Pública y garantizar la unidad de mercado. En productos de origen animal la propuesta fija los límites máximos para la carne procedente de bovinos y ovinos, un contenido de 3 pg. EQT TCDD/F-OMS/g grasa. Para aves de corral y caza de cría se establece un contenido máximo de 2 pg EQT TCDD/F-OMS/g grasa y 1 pg EQT TCDD/F-OMS/g grasa para los cerdos. Para hígado y productos derivados se ha fijado niveles máximos de 6 pg. EQT TCDD/F-OMS/g grasa. En relación a los productos de pesca fija un contenido máximo de 4 pg EQT

TCDD/F-OMS/g grasa, para la carne de pescado, productos de la pesca y derivados. Para la leche y productos lácteos, incluida la grasa láctea y los huevos de gallina y ovoproductos se ha fijado contenidos máximos de 3 pg EQT TCDD/F-OMS/g grasa. Las grasas de rumiantes se ha establecido en 3 pg. EQT TCDD/F-OMS/g grasa, para las aves de corral y caza de cría y las grasas animales mezcladas se establece un límite de 2 pg EQT TCDD/F-OMS/g grasa y en 1 pg EQT TCDD/F-OMS/g grasa para las de cerdo.

### **Cómo disminuir el riesgo de exposición a las dioxinas**

La reducción de exposición a las dioxinas es un objetivo importante desde el punto de vista de la Salud Pública. El mejor camino a seguir para disminuir los niveles de dioxinas y los riesgos asociados, es reducir la exposición y la ingesta de esta sustancia contenida en los alimentos.

Como las dioxinas se fijan a la grasa, el consumo de carnes magras, de leche y productos lácteos, pescados, mariscos con bajo contenido graso puede ser importante para reducir la ingesta de esta sustancia, lo que contribuye además a prevenir la obesidad, reducir el riesgo de infarto por el colesterol y otras enfermedades crónicas. La forma de combatir la ingesta de dioxina a través de los alimentos no es prescindir de productos con contenido graso, sino que consumirlos en su justa medida y seguir una alimentación variada. De esta manera no se evita el consumo de dioxina, pero sí se reduce a mínimos tolerables.

La eliminación de la grasa de la carne y el consumo de productos lácteos con bajo contenido graso pueden reducir la exposición a la dioxina. Esto constituye una estrategia a largo plazo importante para reducir la carga corporal y probablemente sea más importante en las niñas y mujeres jóvenes, con el fin de proteger la exposición del feto y de los lactantes amamantados.

### **Análisis del contenido de dioxina en los alimentos**

El análisis químico de dioxina en

los alimentos requiere de métodos sofisticados de los que sólo algunos laboratorios en el mundo pueden hacerlo, ubicados la mayoría de ellos en países industrializados.

El análisis requiere combinar técnicas muy costosas, una espectrometría de masas de alta resolución acoplado a un cromatógrafo de gases, el que es capaz de separar y discriminar entre compuestos con estructuras y pesos moleculares similares. Esta tecnología ofrece una alta sensibilidad, de costo elevado, oscila entre US\$ 1500 y 1700 dependiendo del tipo de muestra, por este motivo, no se realizan controles sistemáticos y periódicos del contenido de dioxinas en los alimentos.

Se están desarrollando métodos biológicos de cribado, basados en células o anticuerpos, cuya utilización en las muestras de alimentos aun no está suficiente validada, sin embargo, estos métodos de cribado permitirán realizar más análisis a un costo menor. En todo caso, ante una prueba de cribado positiva, debe efectuarse una confirmación con análisis químico más completo.

En Chile no existe ninguna norma sobre dioxina a pesar de que la OMS las ha definido como “los productos más tóxicos que el hombre ha sido capaz de sintetizar”. De ahí que es urgente y necesaria la implementación de un laboratorio para la detección de estos compuestos en los alimentos. Al respecto, el Colegio Médico Veterinario motivado por la situación de la presencia de dioxina en carnes de cerdos, consideró como entidad gremial, un deber velar por la salud pública de la población, haciendo ver la necesidad de contar con un laboratorio que permita determinar residuos químicos en productos alimenticios de consumo humano y animal. Además declara que al no existir infraestructura con una capacidad analítica, la resolución N° 499 del 14 de agosto de 2008 del

MISAL que dice “toda carne de cerdo y sus subproductos que contengan índices F a 2 picogramos por gramo de grasa” sólo se convertirá en una declaración de buenas intenciones, al no estar el país en condiciones de realizar este tipo de estudios de compuestos químicos y no depender de laboratorios extranjeros.

La división de Alimentos del MINSAL dependiente del área Políticas Públicas de Salud, señaló que existe interés y voluntad de parte del ministerio de instalar un laboratorio con la tecnología necesaria para el análisis de dioxinas en Chile y con ello regular el límite de esta sustancia en el Reglamento Sanitario de alimentos.

#### **Situación en Chile respecto a emisión de dioxinas y su control**

Desde hace algunos años, Chile ha firmado varios acuerdos internacionales, como el Convenio de Rotterdam (11/09/1998), de Basilea (22/03/89) y de Estocolmo (23/05/2001), orientados a mejorar la gestión y el manejo de las sustancias químicas peligrosas, el cese de su liberación al ambiente y destrucción de las existencias remanentes. Sin embargo, de estos convenios internacionales a los cuales el país se ha adherido, sólo el Convenio de Basilea ha sido ratificado por el Parlamento, convirtiéndose en Ley de la República (D.S. N° 685 de 1992) y luego el de Estocolmo en 1991 y ratificado en 1995. La Comisión Nacional del Medio ambiente (CONAMA) de Chile coordina un grupo de trabajo multisectorial para impulsar la ratificación del Convenio de

Estocolmo creando mecanismos legales para la prohibición, eliminación y/o disminución de las liberaciones de estos contaminantes.



*Contaminación del agua (fuente imagen: periodismoenlared.com)*



*Contaminación del suelo (fuente imagen: opinar.net)*



*Volcán Chaitén (fuente imagen: google earth)*