

XII

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL  
Y SUS REPERCUSIONES EN LOS ALIMENTOS

RAMÓN DELGADO CABALLO

*Veterinario*



## **LA CONTAMINACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**

El concepto de contaminación difícilmente puede considerarse como científico (Margalef, 1969). Abarca un conjunto de fenómenos muy diversos que no muestran rasgos comunes que permitan su identificación como pertenecientes a una misma clase. Así pues, Kormondy trata de definir la contaminación como *“una alteración desfavorable de nuestros medios, enteramente o en gran parte debida a acciones humanas mediante efectos directos o indirectos de cambios en las vías de circulación, niveles de radiación, constitución física y química y abundancia de organismos ...”*.

En ecología parece posible hablar de contaminantes para referirse a sustancias nuevas introducidas en un medio, o a sustancias cuya concentración normal en el medio se ha visto aumentada de modo importante, siempre que el resultado de tales alteraciones sea la rotura de ciertos equilibrios, con la introducción de las consiguientes modificaciones en la estructura y función del ecosistema afectado.

## **EL HOMBRE Y LA BIOSFERA**

Los agentes contaminantes se comportan de modo muy diverso. En unos casos es su cantidad lo que importa básicamente. Así sucede con el anhídrido carbónico, componente normal de la atmósfera, cuya concentración en la misma puede aumentar como consecuencia de ciertas actividades húmedas. Los ecosistemas tienen propiedades homeostáticas -es decir, de autorregulación- que les permitirán asimilar el aumento de concentración de un componente normal del medio sin experimentar grandes alteraciones.

Pero si dicho aumento de concentración es suficientemente grande, desbordará la capacidad asimiladora del ecosistema.

## CAUSAS Y EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN

Aunque la contaminación no es ninguna novedad en la historia ni tampoco es exclusivamente producida por el hombre, solo ahora y por culpa de nuestra especie ha llegado a poner en peligro la biosfera. Esta situación puede relacionarse con procesos como: 1) crecimiento demográfico, 2) desarrollo industrial, y 3) urbanización. Los tres presentan una evolución explosiva y se encuentran íntimamente vinculados entre sí.

Los peligros a que nos expone son innumerables, pero citemos algunos que parecen revestir especial gravedad:

- Falta de agua potable y utilizable por la industria.

- Pérdida de muy importantes fuentes de proteínas, especialmente en el mar.

- Condiciones favorables a la extensión de epidemias.

- Aumento de las enfermedades respiratorias y cardiovasculares en los núcleos urbanos.

- Creciente aumento de la presencia de sustancias tóxicas y radiactivas en la materia viva.

- Repercusión en los alimentos.

- Alteración del equilibrio energético en las capas inferiores de la atmósfera, seguida de cambios climáticos de incalculables consecuencias para las cosechas.

Es absurdo pensar siquiera en la total eliminación de la contaminación. Pero cada medo puede soportar un determinado nivel de los distintos contaminantes. Es preciso abandonar la idea de que los productos que, por miles de toneladas, arrojamos a los distintos medios se diluyen en ellos y desaparecen sin dejar rastro.

Es preciso reutilizar al máximo los desechos, disminuir la agresividad que tengan para los distintos ecosistemas eliminando los más peligrosos, reducir el consumo innecesario de productos que dejen residuos peligrosos o de efectos mal conocidos, aumentar la investigación sobre el funcionamiento de las ecosistemas naturales afectadas -prácticamente todos, aunque en diverso grado-.

La necesidad perentoria de aumentar la producción de alimentos indefinidamente, por ejemplo, puede ser por sí sola, y en muy breve plazo, origen de una catástrofe ecológica, a causa de la adición masiva de abonos, pesticidas y herbicidas a todos los ambientes del planeta.

## TIPOS DE CONTAMINANTES

- Radiactivos.
- Industriales y mineras.
- Vehículos automóviles.
- Pesticidas y herbicidas.
- Desechas urbanas sólidas.
- Desechas orgánicas animales y humanas.

Naturalmente, dentro de cada tipo se encuentra una enorme variedad de sustancias. Los gases procedentes de automóviles merecen ser considerados como un grupo diferenciado por la importancia cuantitativa de su aportación, pero por supuesto algunos de estos productos se encuentran también entre los residuos industriales. Otros contaminantes no pueden ser incluidos en ninguno de los grupos mencionados.

## EL PROBLEMA DE LOS PLAGUICIDAS

El ejemplo mejor conocido de estas formas de contaminación nos la suministran varios productos utilizados como plaguicidas, de los que el más importante por su cantidad es el famoso DDT. Los plaguicidas, y en particular el DDT, son contaminantes tanto del aire como del mar y las aguas dulces.

Prácticamente, todos los alimentos que consumimos lo contiene en cierta cantidad. La gran afinidad que, como todos los hidrocarburos clorados, tienen por las grasas hace que llegue a alcanzar concentraciones considerables en las grasas animales y, por tanto, en los alimentos de origen animal. Así, en los Estados Unidos, el promedio es de doce partes por millón que cabe considerar como un valor elevado, pero en ciertas regiones de la India llega a ser el doble a causa del uso de insecticidas durante el almacenamiento de los productos agrícolas.

**Es sabido que el DDT afecta a las hormonas sexuales de las aves y de las ratas y al sistema nervioso de muchos animales.** Por ello parece difícil admitir la tesis de una total inocuidad para el hombre, aunque hay que reconocer que otros del mismo tipo son sin duda más peligrosos, por ejemplo la dieldrina.

Si los efectos del DDT son por lo menos dudosos para el organismo humano, mucho más claras están las consecuencias de su utilización masiva para diversos ecosistemas. Se ha observado que la concentración en

las aguas del mar no alcanzan niveles elevados, aunque no debemos dejarnos engañar por este argumento. **Son precisamente los medios acuáticos los más afectados por los insecticidas.** Parece probado que afectan a la composición del fitoplancton y son asimismo tóxicos para muchos crustáceos, moluscos y peces. Es evidente que la selección a que se ven sometidos los distintos niveles tróficos alterará profundamente todo el ecosistema y, muy especialmente, a aquellos organismos con mayor grado de especialización.

Por su parte, los animales filtradores, así llamados porque filtran el agua reteniendo sólo partículas que estaban en suspensión en ella, presentan concentraciones de DDT miles de veces superiores a las del agua. **En los peces, estas concentraciones son todavía más elevadas.** En aves marinas que se alimentan de peces, llega a ser un millón de veces superiores a las del medio. No obstante, se ha comprobado que el DDT interfiere con el metabolismo del calcio, lo que conduce en último término a alteraciones hormonales, con inhibición del desarrollo de las gónadas. Por esta causa, son varias las especies de aves marinas que se hallan en vías de extinción.

### **Algo similar sucede en los ecosistemas terrestres:**

Las cadenas tróficas funcionan por tanto como verdaderos “amplificadores biológicos” -Commoner. La constante aportación de insecticidas no puede entonces dejar de tener consecuencias peligrosas para el hombre, ya sea indirectamente, por su acción sobre ecosistemas que el hombre utiliza para su alimentación, ya directamente, por alcanzar niveles tóxicos en el propio organismo humano. Las nuevas poblaciones, precisamente por descender de los individuos más resistentes, serán cada vez menos susceptibles a los insecticidas utilizados. Libres de control biológico y cada vez más resistentes a los insecticidas, las plagas se hacen más y más peligrosas, y exigen tratamientos más y más intensivos.

### **Los defensores de los insecticidas no carecen de argumentos:**

La lucha contra la malaria mediante el uso de insecticidas para eliminar a los insectos vectores ha contribuido, sin duda, a salvar millones de vidas.

El DDT es, por otra parte, el insecticida más barato que existe, y de hecho el único que resulta asequible a muchos de estos países, al tiempo que no es de los más peligrosos; y, además, su uso es sencillo.

El problema es por lo tanto complejo. Es necesario realizar un gran esfuerzo de investigación para producir insecticidas menos persistentes y más específicos, y no cabe duda que este esfuerzo sólo pueden acometerlo los países más desarrollados.

## LUCHA BIOLÓGICA

El favorecimiento de una enfermedad de las plagas puede ser otra técnica de gran utilidad. Se empleó con éxito, por ejemplo, cuando se introdujo la mixomatosis para controlar la plaga de conejos que assolaba el continente australiano.

El objetivo es mantener a las plagas bajo control.

## HERBICIDAS

Son quizás más peligrosos que los insecticidas, bloqueando la fotosíntesis.

## ISÓTOPOS RADIATIVOS

El yodo radiactivo.

## LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Aumentan las enfermedades respiratorias -bronquitis, asma, enfisema, etc.-, que en Inglaterra son ya responsables del 10% de la mortalidad; el cáncer bronco-pulmonar es dos veces más frecuente en las grandes ciudades que en el campo.

Se produjeron unas cuatro mil muertes atribuibles a la contaminación. **Enfermedades cardíacas o respiratorias.**

La formación a poca altura de una capa de aire relativamente caliente que impedía la difusión en la atmósfera de los humos industriales y domésticos, al tiempo que, al saturarse la atmósfera, se formó la niebla. Las partículas en suspensión en el aire servía de núcleos de condensación al vapor de agua. Este fenómeno es relativamente frecuente en las grandes ciudades, algunas de las cuales se han visto obligadas en ciertos momen-

tos a adoptar medidas restrictivas respecto a la circulación de automóviles o de ciertas actividades domésticas -Tokyo, Nueva York-. **Se habla de smong** contracción de *smoke*, humo, y *fog*, niebla- para designar esta fase crítica de la contaminación del aire.

Además de los restos orgánicos: **las aguas dulces reciben nitratos procedentes de los abonos utilizados en la agricultura**. Los nitratos pueden ser transformados en nitritos por determinadas bacterias, y éstos reaccionan con la hemoglobina disminuyendo la capacidad de transportar el oxígeno.

Sin lugar a dudas, la creciente utilización de abonos, herbicidas e insecticidas en la agricultura constituye un grave problema, no sólo a causa de las transformaciones experimentadas los ecosistemas acuáticos sino también desde el punto de vista de las necesidades de agua potable.

Por otro lado, no hay que olvidar que el mar es el vertedero final de todos los desechos de nuestra civilización.

## **SEGURIDAD PARA EL CONSUMIDOR. ESTABLECIENDO LOS LÍMITES MÁXIMOS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN LOS ALIMENTOS**

Uno de los aspectos del uso de plaguicidas en la agricultura que, por su importancia, requiere una mayor atención es la regulación de los residuos que quedan en las cosechas o en las producciones ganaderas en el momento de su recolección o en el de consumo como alimentos.

Se indican en estos trabajos las acciones que a este respecto lleva a cabo nuestro país, así como las que dentro del Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias realiza el Comité del Códex sobre residuos de plaguicidas para el establecimiento y armonización mundial de los límites máximos de residuos en plaguicidas que se deben aceptar en los alimentos.

Se da una especial importancia al proyecto de directrices que se están elaborando por la OMS y la FAO sobre la predicción de los niveles de residuos que pueden ser ingeridos por la población, y lo que desde el punto de vista de la inocuidad de los alimentos supone el establecimiento de los límites máximos de residuos.



## ESTABLECIMIENTO EN ESPAÑA DE LOS LÍMITES MÁXIMOS DE RESIDUOS EN ALIMENTOS

El establecimiento de los límites máximos de residuos de plaguicidas en los productos vegetales destinados a la alimentación humana o del ganado lo hace la Comisión Conjunta de Residuos de productos Fitosanitarios, que ha sido creado por Orden de Presidencia del Gobierno de 18 de junio de 1985.

Dicha Comisión Conjunta de Residuos está constituida por expertos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Ministerio de Sanidad y Consumo que en el ámbito de sus respectivas competencias examinan las necesidades agrícolas y las modalidades de uso de los plaguicidas -formas de aplicación, época, dosis, número de tratamientos, intervalo entre el último tratamiento y la recolección-, y la toxicología del compuesto para establecer una tolerancia o límite máximo de residuo para cada uno de los cultivos en los que está autorizado cada uno de los plaguicidas.

En algunos casos, **para cumplir los requerimientos de la C.E.E. también se fijan límites para productos no autorizados en España.**

Como fruto del trabajo llevado a cabo por esta Comisión, se ha publicado la **orden Ministerial de 11 de marzo de 1987**, por lo que se fijan los límites máximos de residuos de plaguicidas en productos vegetales.

En ella se han tenido en cuenta la directiva de la C.E.E. sobre residuos de plaguicidas en frutas y hortalizas, las recomendaciones del Comité del Códex sobre residuos de frutas y hortalizas, las recomendaciones del Comité del Códex sobre residuos de plaguicidas FAO / OMS, y todos los datos aportados sobre el comportamiento de los residuos de plaguicidas en nuestras condiciones de cultivo y clima.

Para finales de 1988, **la Comisión Conjunta habrá establecido límites máximos de residuos para más de trescientas materias activas.**

## PROGRAMA DEL CÓDEX ALIMENTARIUS FAO / OMS

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) se ocupan de los aspectos relacionados con los residuos de los plaguicidas en los alimentos dentro de un programa de Normas Alimentarias. **La Comisión Mixta FAO / OMS del Códex Alimentarius fue creada en 1962** para desarrollar el Programa Conjunto FAO / OMS sobre normas alimentarias, y está constituida por los Estados Miembros Asociados de la FAO y/o de la

OMS que han notificado a estas organizaciones su deseo de ser considerados como **miembros de la Comisión son 122.**

El Programa Conjunto FAO / OMS sobre normas alimentarias tiene por objeto el establecimiento de normas internacionales aplicadas a los alimentos y destinadas a proteger la salud de los consumidores, garantizar unas prácticas equitativas en el comercio mundial y, mediante su aceptación por los gobiernos, armonizar las legislaciones nacionales y de esta forma facilitar el comercio internacional.

### **COMITÉ DEL CÓDEX SOBRE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS (CCRP)**

Para asesorar a la Comisión Mixta FAO / OMS de *Codex Alimentarius* en todas las cuestiones relativas a los residuos de plaguicidas en los alimentos, existe un órgano auxiliar intergubernamental denominado Comité del Códex sobre Residuos de Plaguicidas, (CCRP). Este Comité se reúne todos los años y presenta sus informes a la Comisión, (1) y (2) encargándose entre otras cosas de:

a) Establecer límites máximos para residuos (LMA) de plaguicidas en productos alimenticios o grupos de alimentos.

b) Preparar listas de prioridades de plaguicidas para su evaluación por la reunión Conjunta FAO / OMS sobre Residuos de Plaguicidas.

c) Examinar métodos de toma de muestras y análisis para la determinación de residuos de plaguicidas en alimentos.

d) Otras cuestiones como la elaboración de directrices para el uso correcto de los plaguicidas, guía de la “práctica agrícola correcta”, etc.

Para mejor desarrollo de trabajo, el CCRP ha creado en su ser seis grupos de especializados:

1) Prioridades: encargado de establecer las listas de productos que deben de ser prioritariamente evaluados.

2) Toma de muestras.

3) Método de Análisis.

4) Principios de reglamentación: que estudia los diversos aspectos legales de los países miembros cara a la aceptación de las recomendaciones del *Codex Alimentarius*.

5) Problemas sobre residuos de plaguicidas en los países en vías de desarrollo.

6) Sobre contaminantes: que estudia por otros productos no plaguicidas y que inciden en la contaminación de alimentos.

El CCRP basa sus decisiones en los datos suministrados por los gobiernos miembros así como en las recomendaciones y evaluaciones de la Reunión Conjunta FAO / OMS sobre Residuos de Plaguicidas.

**Una vez que los apruebe la Comisión Mixta FAO / OMS del *Codex Alimentarius*, los límites máximos para residuos de plaguicidas se publican como recomendación de dicha Comisión y se presentan a los gobiernos para su aceptación.** El CCRP ha propuesto o está elaborando propuestas de límites máximos para residuos relativos a más de ciento cincuenta plaguicidas, lo que equivale a LMR para más dos mil quinientas combinaciones de residuos / alimentos.

## LA REUNIÓN CONJUNTA FAO / OMS SOBRE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS (JMPR)

Conocida normalmente por sus iniciales en inglés, JMPR, está constituida por el cuadro de expertos de la FAO en residuos de plaguicidas en los alimentos, o en el medio ambiente, y el grupo de expertos de la OMS en residuos de plaguicidas, los cuales actúan como representantes de dichas organizaciones internacionales y sin ninguna dependencia de los estados miembros.

En esta reunión, el cuadro de expertos de la FAO se encarga principalmente de examinar las modalidades de uso de los plaguicidas y todos los datos sobre la química, composición y métodos de análisis de los plaguicidas, estimando finalmente los niveles máximo de residuos (LMR) que pueden encontrarse utilizando el plaguicida según una buena práctica agrícola.

El grupo de expertos de la OMS estudia los datos toxicológicos y estima, siempre que sea posible, la ingestión diaria admisible para el hombre (IDA) de cada plaguicida.

Los datos toxicológicos y relativos a residuos se resume en publicaciones que aparecen en la serie *Evaluaciones de los residuos de algunos plaguicidas en los alimentos* (3) y (4), que publica la FAO. Las opiniones y recomendaciones de los expertos de la FAO y de la OMS sirve al CCPA de base para adoptar decisiones sobre la inocuidad o no de los residuos de plaguicidas en los alimentos, y fundándose en ellas El Comité del Códex sobre residuos de plaguicidas (CCPA) puede juzgar si tales residuos son

inevitables de conformidad, con una práctica e agrícola correcta, deliberando sobre estas propuestas a través de los estados miembros que procederá a su aceptación o no.

### **Definición de los conceptos utilizados por el CCPA.**

Se expone a continuación las definiciones del CCPR de los términos más utilizados:

**Residuo de plaguicida:** toda sustancia o sustancias que se encuentren en los alimentos para consumo humano o de animales como consecuencia del empleo de plaguicidas. Incluye asimismo derivados específicos como, por ejemplo, los productos de sus reacciones que se consideren importantes toxicológicamente.

Así por ejemplo el residuo DDT queda definido como la suma de pp'DDT, op'DDT, pp'DDE, op'DDE, pp'DDD, op'DDD; el residuo de Aldrin como la suma de Aldrin y Dieldrin, el de Aldicarb como la suma de Aldicarb, su sul fóxido y sulfona, etc.

### **PRÁCTICA AGRÍCOLA CORRECTA EN EL USO DE LOS PLAGUICIDAS (PAC)**

El empleo necesario, oficialmente recomendado o autorizado, de plaguicidas en condiciones prácticas en cualquier fase de producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos, teniendo presentes las cantidades mínimas necesarias para lograr un control adecuado y aplicando el plaguicida de manera que el residuo que deje sea el más pequeño y resulte aceptable desde el punto de vista toxicológico. se entiende que "oficialmente recomendado o autorizado" implica que, independientemente de los criterios habituales -eficacia, toxicología y calidad de alimento en relación con la salud pública-, deben tomarse también en consideración los problemas relativos al efecto de la utilización de plaguicidas sobre el medio ambiente en general.

### **LÍMITE MÁXIMO DEL CÓDEX PARA RESIDUOS DE PLAGUICIDAS (LMR)**

Es la concentración máxima de un residuo de plaguicida que el *Codex Alimentarius* recomienda se permita legalmente en un producto alimenti-

cio. Esta concentración se expresa en miligramos del plaguicida por kilogramo del producto alimenticio -partes por millón-.

### INGESTIÓN DIARIA ADMISIBLE (IDA)

Es la dosis que ingerida durante todo el periodo vital, parece no entrañar riesgos apreciables para la salud del consumidor sobre la base de todos los hechos conocidos en el momento de la evaluación del plaguicida. Se expresa en Mg. del plaguicida por Kg. de peso corporal.

### ESTIMACIÓN DE LA INGESTIÓN DIARIA ADMISIBLE (IDA)

La estimación de la IDA se hace a partir de la identificación del nivel de no efecto adverso observable (NOEL) que se deduce de los estudios toxicológicos a larga duración -generalmente dos años- en animales de laboratorio.

Este nivel es la dosis diaria que no produce ninguna indicación de toxicidad en el ensayo con los animales.

El NOEL se expresa en p.p.m. del plaguicida en la dieta suministrada al animal, es decir, Mg. del plaguicida por Kg. de alimento que es convertida en Mg. del plaguicida por Kg. de peso del animal al considerar al peso corporal del animal y la cantidad de alimento que toma diariamente.

Así pues, suele considerarse los siguientes valores:

Para la rata

Cantidad	de alimento / día	20 g.
Peso corporal		400 g.

$$\text{Ingestión alimento rata} = \frac{20 \text{ g. alimento}}{400 \text{ g. peso corporal por día}}$$

$$= \frac{0,05 \text{ Kg. alimento}}{\text{Kg. peso corporal por día}}$$

En consecuencia 1 p.p.m. en la dieta = 0,05 Mg.

$$\frac{\text{Plaguicida}}{\text{Kg. peso corporal por día}}$$

Para el perro:

Considerando un peso corporal de 10 Kg. y una alimentación de 250g./ día, 1 p.p.m. en la dieta = 0,025 Mg.

$$\frac{\text{Plaguicida}}{\text{Kg. peso corporal} \times \text{día}}$$

### EXTRAPOLACIÓN AL HOMBRE A PARTIR DEL NOEL EN ANIMALES

Uno de los aspectos más importantes en la evaluación toxicológica es establecer la ingestión diaria admisible en el hombre a partir de los datos sobre el NOEL observado en animales.

De una forma bastante general, aunque no rígida, suele tomarse como un factor de seguridad un factor de cien para dividir el NOEL -Factor 10 x 10 que comprende la variabilidad entre animales de la misma especie ensayados y su extrapolación a una especie distinta: el hombre-.

Un factor de doscientos, quinientos o incluso mil puede ser utilizado en la estimación de la IDA cuando la evaluación de los datos toxicológicos aconsejan tomar mayores precauciones.

A título de ejemplo para un NOEL en rata de 10 p.p.m. en la dieta le corresponderían:

$$\frac{0.5 \text{ Mg. Plaguicida}}{\text{Kg. peso por día}}$$

Y mediante un factor de cien se estimaría una IDA de:

$$\frac{0.005 \text{ Mg. Plaguicida}}{\text{Kg. peso hombre por día}}$$

### RELACIÓN ENTRE LOS LMRs DE UN PLAGUICIDA Y SU IDA

Los límites máximos de residuos (LMRs) para un plaguicida y su "ingesta diaria admisible" (IDA) son establecidos en base a evaluaciones independientes que se hacen con distinta clase de datos. Los LMRs se determinan a partir de los datos sobre residuos que se obtienen de experiencias supervisadas en las que se determina la evolución de los residuos

en función de la dosis y del tiempo, y reflejan lo que ocurre cuando el plaguicida se usa de acuerdo con la práctica agrícola correcta (PAC).

Cuando las cosechas sean tratadas de forma que no se respeten las condiciones de aplicación legalmente autorizados de la PAC se pueden sobrepasar los LMRs establecidos. Como es el caso, por ejemplo, de no respetarse el período de seguridad entre el último tratamiento y la recolección.

La IDA, como ya ha quedado expuesto, es la expresión cuantitativa de la cantidad máxima aceptable que una persona puede ingerir diariamente, desde el punto de vista de la inocuidad para el consumidor. El valor de la IDA se deduce de estudios de alimentación de larga duración en animales.

**Consecuentemente con lo anterior, los LMRs y la IDA de un determinado plaguicida no son directamente comparables entre sí.** Sin embargo, utilizando los LMRs y el consumo de alimentos per cápita se puede predecir el nivel teórico de ingestión potencial a que está expuesto el consumidor. Esta ingestión potencial de plaguicidas puede ser comparada con la IDA a fin de tener una aproximación sobre la aceptabilidad de los residuos desde el punto de vista de la seguridad del consumidor.

Es importante señalar que algunos de los LMRs recomendados por el Códex FAO / OMS, no son plenamente aceptados por los gobiernos de la FAO o de la OMS ya que, debido a los diferentes regímenes alimenticios de las distintas áreas geográficas, puede suceder que algún país considere que determinado LMRs es demasiado elevado y que, en caso de aceptarlo, su población podría correr riesgo de ingerir una dosis de residuo de plaguicida superiores a las permitidas toxicológicamente, es decir, superiores a la respectiva IDA.

**Este mismo objetivo, el de evitar exceder la IDA, es el planteamiento que deben hacerse las autoridades de un país cuando se disponen a autorizar un plaguicida para su uso en determinados cultivos, y se disponen a establecer los correspondientes LMRs.**

Por otro lado, las directrices que vamos a detallar a continuación describen un enfoque escalonado, basado en determinadas hipótesis, para estimar la posible exposición a residuos de plaguicidas, y puede permitir a la autoridad responsable de su registro o del establecimiento de LMRs disponer de unos criterios que le permitan autorizar o no el uso de un plaguicida en determinados cultivos.

### PRIMERA HIPÓTESIS: NIVEL DE INGESTIÓN MÁXIMO (NIM)

En una primera aproximación se va a calcular un nivel de ingestión máximo (NIM) presuponiendo que un hombre –de 60 Kg. de peso- consume diariamente dos Kg. de alimento con un residuo de plaguicida igual al LMA más alto establecido. Esta primera hipótesis es muy sencilla de calcular pues no requiere datos sobre la dieta alimenticia.

$$\text{NIM} = \text{LMA}$$

$$\frac{\text{Mg. Plaguicida}}{\text{Kg. alimento}} + \frac{2\text{kg. alimento}}{60 \text{ Kg. peso vivo por día}}$$

$$\text{NIM} = \frac{\text{LMR Plaguicida}}{30 \text{ Kg. peso vivo por día}}$$

Para el caso en que el NIM sea menor que el IDA, se puede concluir que el plaguicida es aceptable desde el punto de vista de la salud del consumidor al tenerse prácticamente la certeza de que la IDA no será excedida si el plaguicida se registra para los cultivos considerados y se establecen los LMRs correspondientes.

Contrariamente a lo anterior, si el NIM es mayor que el IDA, ello no supone todavía necesidad de excluir los usos considerados del plaguicida. No obstante, este tipo de cálculo es notablemente exagerado. Se ha de pasar a realizar la segunda hipótesis.

### SEGUNDA HIPÓTESIS: INGESTIÓN DIARIA TEÓRICA (IDT)

La Ingestión Diaria Teórica es una estimación de la exposición de plaguicidas en la dieta usando los LMRs como el nivel de residuos en los alimentos y la media del consumo de alimentos per cápita para los cuales se ha establecido o se va a establecer un LMA.

Su expresión es la siguiente:

$$\text{IDT} = \frac{\sum}{I} F_i \times M_i \left( \frac{\text{Mg. plaguicida}}{i \text{ persona por día}} \right)$$



Siendo:

**Fi:** El factor de consumo per cápita de los (i) alimentos expresados en Kg. / personal / día.

**Mi:** Los LMRs para cada uno de los (i) alimentos expresados en Mg. de plaguicida.

Dividiendo la IDT por el peso de una persona (60 Kg.) se expresa en las mismas unidades que la IDA

$$\left( \frac{\text{Mg. plaguicida}}{\text{Kg persona por día}} \right)$$

Si la IDT, así expresada, es menor que la IDA, los LMR son aceptables desde el punto de vista de inocuidad para el consumidor.

Si dicha IDT excede el valor de la IDA, ello no significa todavía que el establecimientos de los LMRs sean inaceptables y presenten riesgos para la salud pública.

**La estimación de la ingestión de plaguicidas a partir de la IDT es exageradamente alta por les siguientes razones:**

a) Muy pocas de las cosechas tratadas con un plaguicida contienen residuos al Nivel del límite Máximo de Residuo. Los LMRs reflejan situaciones extremas en donde se dan mayor número de aplicaciones del plaguicida, con mayores dosis, mínimos intervalos entre el tratamiento y la cosecha y en las condiciones más desfavorables para la desaparición de los residuos.

b) El tanto por ciento de las cosechas que han sido tratadas con un plaguicida no suelen alcanzar nunca el cien por cien.

c) Los LMRs se aplican por lo general a los productos en el punto de entrada del comercio. Normalmente los residuos de la cosecha tratadas se disipan durante su almacenamiento, transporte, manipulación comercial, preparación o cocinado.

d) El LMR se aplica generalmente al producto agrícola entero, el cual incluye frecuentemente partes no comestibles –por ejemplo, la cáscara del

melón o de la naranja-. Un gran porcentaje de los residuos pueden ser eliminados cuando se separa dicha parte no comestible.

e) No es probable que una persona pueda comer en el mismo día todos los alimentos para los cuales se han establecido los LMRs de un plaguicida determinado.

**Por estas razones, no puede concluirse que los LMRs no sean aceptables cuando la IDT exceda a la IDA. Sin embargo, los cálculos de la IDT debe utilizarse como segunda aproximación, que puede en muchos casos eliminar la necesidad de llevar a cabo posteriores estudios más complicados.**

**Cuando la IDT supere a la IDA se debe pasar a la tercera hipótesis.**

### TERCERA HIPÓTESIS: INGESTIÓN DIARIA ESTIMADA (IDE)

La IDE es una estimación que utiliza, de una forma más realista que en los cálculos de la IDT, los datos sobre los niveles de residuos en los alimentos, pues va ha tener en cuenta los posibles factores de disminución de residuos durante el almacenamiento, procesado o manipulación producto , su pelado, cocinado o preparación del mismo, etc.

### CONCENTRACIÓN ENTRE LAS DIFERENTES HIPÓTESIS Y LOS ESTUDIOS DE DIETA EN LA INGESTIÓN DIARIA DE PLAGUICIDAS (Mg. PLAGUICIDA / DÍA)

PLAGUICIDA	IDA	IDT	IDE	ESTUDIO DE DIETAS
Captan	6,0	18,0	2,8	0,001
Carbaril	0,6	5,6	0,06	0,001
Dieldrin	0,006	0,06	0,01	0,002
Metoxicloro	6,0	10,2	1,7	0,0004
Paration	0,3	0,8	0,1	0,00006

*Datos de Estados Unidos 1974-1976.*