

# EVALUACIÓN Y CONTROL DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN ALIMENTOS

ANTONIO VALVERDE

*Grupo de Residuos de Plaguicidas  
Universidad de Almería*

Para poder comprender el alcance y las repercusiones de las modificaciones que recientemente se han introducido en la Legislación Europea sobre Residuos de Plaguicidas, es imprescindible conocer los procedimientos que actualmente se aplican, tanto en el ámbito nacional como internacional, para llevar a cabo una correcta evaluación y un eficaz control de los residuos de plaguicidas en los alimentos. El objetivo de esta presentación es servir de introducción de las Jornadas, dando una visión general de los factores a tener en cuenta a la hora de realizar la evaluación de la seguridad de los residuos que inevitablemente quedan en los alimentos que han sido tratados con plaguicidas, y analizando los sistemas de control utilizados para evitar que dichos residuos supongan un peligro para la salud de los consumidores. Este tema, sin duda, es de interés no sólo para los especialistas relacionados con el sector agroalimentario, sino para el público en general, ya que al contrario de lo que ocurre con otros tipos de exposición a los plaguicidas (como la laboral, o incluso la ambiental), la exposición a los plaguicidas, a través de los residuos de éstos en los alimentos, puede considerarse hoy en día universal y continua. Es decir, los riesgos asociados a la ingestión de plaguicidas, vía el consumo de alimentos, afectan a toda la población, puesto que, en una primera aproximación, prácticamente todos somos consumidores de alimentos que han sido tratados con plaguicidas. Así pues, el conocimiento de las herramientas que la sociedad actual dispone para conseguir que los residuos de plaguicidas en los alimentos no supongan riesgo alguno (o un riesgo muy reducido) para el consumidor, es la única forma de evitar posturas alarmistas y malentendidos a la hora hablar del papel que juegan los plaguicidas en la producción agrícola, y de su repercusión en la seguridad y calidad de los alimentos.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, son pocos los que ponen en duda los beneficios asociados al uso de plaguicidas. De hecho, la necesidad de la utilización de plaguicidas para conseguir la continuidad en el suministro de alimentos, el mantenimiento de la calidad de los mismos y la producción sostenible a un precio razonable, es una realidad admitida por gobiernos y organismos internacionales, siendo el uso de plaguicidas una práctica universal y todavía en constante crecimiento, sobre todo en los países en vías de desarrollo. No obstante, dada la naturaleza biocida de los

plaguicidas, junto a esta realidad existe otra, también admitida hoy en día por todo el mundo (aunque con diferente grado de preocupación según los intereses de cada uno), que es la que se refiere a los riesgos que el uso de plaguicidas lleva asociado para el agricultor que los aplica, la fauna, el medioambiente, y finalmente para el hombre como consumidor de los alimentos.

El peso específico que cada una de estas dos realidades, claramente contrapuestas, ha tenido a lo largo de los años para admitir la utilización de un plaguicida ha ido cambiando progresivamente. Desde los años cuarenta (cuando se produjo el “boom” del DDT) hasta la actualidad, se ha pasado de una situación en la que prácticamente sólo se tenía en cuenta la efectividad del plaguicida para mejorar la producción agrícola, a otra en la que, junto a los beneficios agrícolas, son evaluados, cada vez con mayor rigor e inversión económica, todos los riesgos antes mencionados. Este cambio de situación puede ilustrarse de forma muy clara con lo que el profesor Stetter ha denominado la situación de *Caja Negra* del pasado, en la que la información que se disponía de un plaguicida se limitaba a su estructura y actividad observada, y la situación actual de *Caja Transparente*, en la que tanto las propiedades físico-químicas y el mecanismo de actuación del plaguicida, como el comportamiento medioambiental, impacto en el ecosistema, perfil toxicológico, degradación, metabolitos, residuos en alimentos, etc., tienen que estar clarificados. Sin duda, en el futuro, esta *Caja* deberá ser cada vez más transparente.

## **CRITERIOS GENERALES PARA LA EVALUACIÓN DE LOS RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN ALIMENTOS**

De entre todos los aspectos mencionados, uno de los más importantes a considerar antes de admitir el uso de un plaguicida, es el relacionado con la evaluación toxicológica y la evaluación agronómica de los residuos que éste deja en los alimentos que han sido tratados con el mismo. El objetivo final de todo el proceso de evaluación toxicológica es el llegar a establecer una serie de parámetros toxicológicos relacionados con el consumo por parte del hombre de pequeñísimas cantidades de plaguicida, bien en una sola toma, o bien diariamente durante toda una vida, tales como la Dosis de Referencia Aguda (DRf Aguda) y la Ingesta Diaria Admisible (IDA). Por su parte, el proceso de evaluación agronómica tiene por finalidad el determinar el tipo y la cantidad de residuo que permanece en los productos agrícolas (o alimentos derivados) cuando son recolectados (o consumidos), tras recibir los apropiados tratamientos del plaguicida evaluado. Un parámetro importante a determinar durante la evaluación agronómica es el denominado “Mediana de los Niveles de Residuos de Ensayos Supervisados”, conocido con las siglas STMR. A partir de los resultados obtenidos en esta evaluación agronómica, y siguiendo la sistemática que se detalla en el capítulo siguiente, los residuos de plaguicidas en los alimentos son regulados a partir del cálculo de unos Límites Máximos de Residuos para cada plaguicida y en cada alimento. Estos límites calculados pueden llegar a establecerse como límites legales (LMRs), una vez que las diferentes evaluaciones sobre la exposición de los consumidores a los residuos del plaguicida a regular demuestren que dichos límites son toxicológicamente aceptables.

La finalidad última de estos LMRs es el servir de herramienta a los organismos reguladores para comprobar la correcta utilización de los plaguicidas, y facilitar el comercio interna-

cional de los productos agrícolas. Aquí, es importante insistir en el hecho de que un alimento que contenga un nivel de residuos de un determinado plaguicida superior al LMR establecido no tiene que ser necesariamente un alimento tóxico. No obstante, dado que los LMRs son también las únicas herramientas que disponemos para asegurar que las IDAs de plaguicidas no sean nunca superadas, es preciso que se establezcan sistemas adecuados de control de dichos LMRs, para intentar que los alimentos con niveles de plaguicidas superiores a los LMRs fijados no lleguen a ser comercializados y/o consumidos.

Ciertamente, en la última etapa de regulación y fijación de los LMRs es necesario considerar resultados experimentales de muy diversa índole, tales como toxicológicos, agronómicos y químico-analíticos, que a veces son difíciles de compatibilizar. Además, en dicho proceso de regulación y fijación de LMRs han de tenerse en cuenta otros factores de tipo legislativo y socio-económico que pueden conducir a que distintos gobiernos u organismos internacionales lleguen a establecer, para un mismo plaguicida y en un mismo alimento, LMRs diferentes. Este hecho, a pesar de parecer paradójico, está perfectamente justificado desde el punto de vista científico.

Otro factor importante a la hora de fijar los LMRs, es la necesidad de armonizar dichos valores para que puedan cumplir realmente con uno de sus principales objetivos: evitar que dichos límites puedan ser utilizados como barreras artificiales al libre comercio internacional de productos agrícolas. Como se verá en el capítulo siguiente, son muchos los parámetros que pueden ajustarse para al final fijar unos LMRs armonizados sin que éstos dejen de ser toxicológicamente aceptables. Sin embargo, las distintas posibilidades de ajuste pueden afectar de diferente forma a los intereses de cada país u organismo internacional, lo que hace que dicho proceso de armonización sea a veces difícil y laborioso. En este sentido, las directrices marcadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el Codex Alimentarius son, sin duda, las mejores herramientas disponibles en la actualidad para facilitar el establecimiento de LMRs armonizados.

## **PRINCIPALES FOROS INTERNACIONALES IMPLICADOS EN LA EVALUACIÓN DE LOS RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN LOS ALIMENTOS**

Antes de entrar a analizar las distintas estrategias utilizadas para realizar el control de los niveles de residuos de plaguicidas en los alimentos, quisiera hacer un pequeño paréntesis para indicar cuáles son los foros internacionales más activos en relación a la evaluación y regulación de dichos residuos. En principio, son las autoridades de cada país (o en algunos casos comunidades de países como la Unión Europea) las responsables de establecer y controlar las tolerancias admitidas para los residuos de plaguicidas en los alimentos, es decir los LMRs. Como ya se ha comentado, en cada país pueden utilizarse criterios y plantarse situaciones de consumo diferentes, lo que puede conducir a que las tolerancias establecidas en cada país para un mismo plaguicida puedan no ser las mismas. Para evitar que estas diferencias en los LMRs pudieran convertirse en barreras comerciales entre los países para el desarrollo de un mercado abierto de productos agrícolas, y con objeto de establecer unos criterios comunes que sirvieran de guía a todos los países a la hora de regular los residuos de plaguicidas, a principios de los años se-

senta empezó sus actividades la denominada Reunión Conjunta FAO/OMS sobre Residuos de Plaguicidas (JMPR).

Este foro surgió a partir de una entidad previamente establecida por la OMS que examinaba la toxicidad de los plaguicidas, y de otra establecida por la FAO que estudiaba los niveles de residuos en los alimentos y las metodologías analíticas para llevar a cabo su determinación. La característica fundamental de la JMPR es que los miembros de la misma no son representantes gubernamentales, y su función es realizar evaluaciones y elaborar informes bajo un punto de vista estrictamente científico. En este foro participan expertos toxicólogos, invitados por la OMS, que se encargan de establecer las IDAs y las DRf-Aguda, y expertos agrónomos, biólogos y químicos, invitados por la FAO, que se encargan del cálculo de las Medianas de Niveles de Residuos de Ensayos Supervisados (STMR) y los LMRs.

Los documentos elaborados por la JMPR son la base de las discusiones que se llevan a cabo en la otra entidad internacional de suma importancia en el área de los residuos de plaguicidas, a saber la Comisión del Codex Alimentarius sobre Residuos de Plaguicidas (CCPR). Esta Comisión, al contrario de la anterior, está formada por representantes gubernamentales, aunque las directrices y acuerdos de la misma no comprometen a los gobiernos. Asimismo, en esta Comisión pueden participar como observadores representantes de distintas organizaciones, incluida la Agrupación Internacional de Asociaciones Nacionales de Fabricantes de Plaguicidas, cuya participación es de especial importancia, ya que los fabricantes de plaguicidas son los principales suministradores de la información que maneja la JMPR para realizar sus evaluaciones. El objetivo final de la CCPR es el fijar los Límites Máximos de Residuos del Codex, aunque también elabora directrices sobre la evaluación de los residuos de plaguicidas, y los métodos de muestreo y análisis, que son de gran utilidad para los distintos gobiernos a la hora de evaluar y controlar los residuos de plaguicidas en los alimentos que se consumen en sus respectivos países.

## **ASPECTOS ANALÍTICOS DEL CONTROL DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS**

El control de los residuos de plaguicidas lleva implícito la determinación de los niveles de dichos residuos en los alimentos a controlar, de forma periódica y por muestreo. Tal como veremos más adelante, el tipo de muestreo utilizado y la periodicidad del mismo, es decir la sistemática del control, pueden ser muy diferentes dependiendo de la finalidad de dicho control. En cualquier caso, la determinación de los niveles de residuos de plaguicidas en las muestras seleccionadas ha de realizarse mediante la aplicación de metodologías químico-analíticas capaces de detectar y cuantificar, con exactitud y precisión, cantidades de plaguicida del orden de  $10^{-9}$  -  $10^{-12}$  gramos (en algunos casos, también de otros productos relacionados, como metabolitos y productos de degradación).

Las sustancias que es preciso incluir en el análisis de los residuos de un determinado plaguicida es, precisamente, uno de los parámetros más importantes a fijar durante el proceso de evaluación. El establecimiento de lo que se conoce como “Definición de Residuo” es un claro ejemplo del carácter interdisciplinar del proceso de evaluación de un plaguicida, y de las dificultades que surgen cuando es preciso compatibilizar los resultados obtenidos en los estudios

toxicológicos y agronómicos con la capacidad y el coste de las metodologías analíticas disponibles. A continuación se dan algunos ejemplos de distintos tipos de “Definición de Residuo” que actualmente existen, junto con las razones que justifican dichas definiciones.

Así, la definición de residuo para endosulfan incluye la suma de los residuos de endosulfan I, endosulfan II y endosulfan sulfato, expresado como endosulfan, ya que el ingrediente activo contiene los isómeros I y II, y ambos se transforman parcialmente durante el desarrollo de los cultivos en endosulfan sulfato, metabolito que es de igual importancia toxicológica e igual dificultad de análisis que los isómeros de partida. En el caso del malation, la definición incluye la suma de los residuos de malatión y malaixon, expresado como malatión, ya que el malaixon es un metabolito que es más tóxico que el malation. Por su parte, el residuo de metamidofos se define como metamidofos procedente de tratamientos de metamidofos o acefato, ya que este último puede degradarse en metamidofos. Otro caso típico es el de carbendazima, benomilo y metiltiofanato, los cuales tienen la misma definición de residuo (suma de benomilo, carbendazima y metiltiofanato, expresado como carbendazima) ya que tanto el benomilo como el metiltiofanato se convierten en carbendazima, total o parcialmente, durante el desarrollo del cultivo o durante el proceso de análisis. También es un ejemplo significativo el de los ditiocarbamatos, cuyo residuo se define como suma de ditiocarbamatos expresado como disulfuro de carbono, ya que el método analítico utilizado para determinar los residuos de todo este grupo de fungicidas incluye su transformación en disulfuro de carbono, siendo imposible distinguir si éste procede de un ditiocarbamato u otro.

Esta lista de ejemplos podría ser completada con otros muchos que mostrarían las muchas posibilidades que existen de definición de residuo. No obstante, es preciso indicar que, en general, la definición de residuo únicamente suele contener el ingrediente activo, y sólo en casos muy justificados se incluyen metabolitos y productos de degradación, ya que cuanto más complicada es la definición de residuo más complicado y costoso es el análisis a realizar. Es más, en muchos laboratorios de control de todo el mundo, usualmente, sólo se determinan los residuos de los ingredientes activos de la mayoría de los plaguicidas analizados, a pesar de que la definición del residuo de algunos de ellos incluya algún metabolito y/o producto de degradación.

Las metodologías analíticas utilizadas para la determinación de residuos de plaguicidas en los alimentos son muy variadas dependiendo del tipo de alimento, y el tipo y número de plaguicidas que se quieran analizar. No obstante, los métodos rutinariamente aplicados en los laboratorios de control son los denominados métodos multiresiduos, caracterizados por ser aplicables a una gran variedad de alimentos para determinar, de forma simultánea, un gran número de plaguicidas. En general, y tal como se indica en la Tabla 1, este tipo de métodos se basan en la realización de una primera etapa de extracción mediante la utilización de disolventes orgánicos, una segunda etapa de limpieza del extracto ó “clean-up”, una tercera etapa de determinación utilizando distintos sistemas de detección y cuantificación, y una última etapa de confirmación de los residuos detectados. Asimismo, en la Tabla 2 se indican las principales técnicas instrumentales que actualmente se utilizan en la etapa de determinación, junto con algunos de los principales tipos de plaguicidas que son susceptibles de ser analizados con cada una de ellas. Como puede observarse en dicha tabla, las técnicas más utilizadas en esta etapa

de determinación son la cromatografía de gases acoplada a detectores de captura electrónica, nitrógeno-fósforo, fotométrico de llama, o masas (GC/ECD-NPD-FPD-MS), y la cromatografía líquida de alta resolución con detector ultravioleta o fluorescencia (HPLC/UV-FL).

## **CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE CONTROL DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS**

Otro aspecto analítico de gran actualidad en el control de residuos de plaguicidas, es el relacionado con los sistemas de Control de Calidad y Garantía de Calidad aplicados en los laboratorios de análisis. Buenas Prácticas de Laboratorio, Protocolos Normalizados de Trabajo, Unidad de Garantía de Calidad, validación, verificación, ejercicios de intercalibración, acreditación, etc., son hoy día términos y actividades tan familiares en un laboratorio de control de residuos de plaguicidas como las técnicas y procedimientos analíticos antes mencionados. Este aspecto ha adquirido tal importancia que, para muchos, los resultados analíticos emitidos por laboratorios que no tengan implantados adecuados sistemas de calidad, o no se encuentren acreditados, tienen escaso o ningún valor. De hecho, desde Noviembre de 1998, los laboratorios oficiales de control de alimentos de todos los países de la Unión Europea están obligados a acreditarse de acuerdo con los criterios generales establecidos en la norma EN 45001 (a partir de ahora la norma ISO 17025).

En esencia, la acreditación de un laboratorio es el reconocimiento formal, por parte de una organización independiente, de que el laboratorio es competente para realizar determinados análisis. Su objetivo es asegurar a los clientes del laboratorio que éste cuenta con personal competente y bien entrenado, y dispone de equipos y procedimientos normalizados de trabajo con los que puede producir resultados exactos y consistentes. En España, el único organismo con competencias para acreditar, tanto laboratorios de ensayo como de calibración, es la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), la cual, hasta la fecha (Noviembre de 2000), ha acreditado un total de 19 laboratorios españoles para la realización de análisis de residuos de plaguicidas. Además, otros 10 laboratorios españoles se encuentran en pleno proceso de acreditación para este tipo de ensayos. Los alcances de acreditación de los laboratorios ya acreditados son de dominio público y se encuentran publicados en internet ([www.enac.es](http://www.enac.es)).

En este punto, es preciso destacar que, tal como se indica en la Tabla 3, de los 15 laboratorios dependientes de las administraciones públicas que en la actualidad están implicados en los dos programas de control oficial de residuos de plaguicidas que se realizan en España a nivel nacional (*Plan Nacional de Vigilancia de Residuos de Plaguicidas* y *Programa Coordinado Europeo de Control de Residuos de Plaguicidas*), sólo 3 se encuentran hoy acreditados, aunque prácticamente todos los demás ya han iniciado el proceso de acreditación y podrían estar acreditados en el plazo de un año. Por otra parte, los únicos procedimientos de ensayo acreditados en los tres laboratorios oficiales mencionados son: multirresiduos-GC (los tres laboratorios), benzimidazoles-HPLC (dos laboratorios) y benzoilureas-HPLC (un laboratorio). Todo lo anterior quiere decir que, en la actualidad, no existe en España ningún laboratorio oficial acreditado para analizar los residuos de algunos plaguicidas de amplio uso, como son los N-metilcarbamatos o los ditiocarbamatos. Asimismo, tal como se deduce de los datos indicados en la Tabla 3 y (más adelante) en la Tabla 4, de las 180 muestras analizadas en España dentro

del Programa Coordinado Europeo del año 1999, y de las 3.150 analizadas dentro del Plan Nacional de ese mismo año, sólo el 30 % y 40%, respectivamente, fueron analizadas en laboratorios acreditados. No obstante, también es preciso destacar que la mayoría de los laboratorios implicados en ambos programas participaron en los dos ejercicios de intercalibración organizados en 1999, a nivel oficial, para contrastar la calidad de estos laboratorios: Ejercicio de Intercalibración de la Comisión Europea (EU PT-3), realizado por la NFA de Suecia; y Ejercicio de intercalibración del Ministerio de Agricultura (MAPA-99), realizado por la Universidad de Almería (ver Tabla 3). De cualquier forma, el conseguir que, a corto plazo, todos los laboratorios oficiales de control de residuos de plaguicidas españoles se encuentren acreditados, es un importante reto para las administraciones del estado y autonómicas implicadas en el tema, y que sólo se alcanzará si se aportan los recursos humanos y económicos necesarios, no sólo para conseguir la acreditación, sino también para mantenerla a lo largo de los años.

## PROGRAMAS OFICIALES DE CONTROL DE LOS LMRs DE PLAGUICIDAS

La mayoría de los programas de control de residuos de plaguicidas que actualmente hay implantados en diferentes países, están enfocados al control de alimentos de origen vegetal, y más concretamente de frutas y hortalizas. En algunos países también hay establecidos programas específicos de control de alimentos de origen animal, en los que el número de muestras analizadas suele ser muy reducido. El alcance territorial de la mayoría de estos programas suele ser nacional, aunque en los países en los que los gobiernos regionales o autonómicos tienen grandes competencias en materias de salud pública y agricultura, como España, Alemania o Italia, son cada vez más usuales los programas de control de tipo regional. Asimismo, existen programas de carácter internacional, como el establecido en la Unión Europea.

En general, suele distinguirse entre programas “no dirigidos” (*surveillance*) y programas dirigidos (*compliance*), dependiendo de que el muestreo se realice al azar de acuerdo con un plan establecido, o se restringa a determinados alimentos sobre los que existen sospechas previas de que pudieran contener elevados niveles de residuos de algunos plaguicidas. Otra práctica habitual es el separar los resultados obtenidos en el control de productos “domésticos”, es decir alimentos producidos dentro del país, y los obtenidos en el control de productos importados.

El lugar de toma de muestras y el diseño del muestreo pueden ser muy diferentes de un programa de control a otro, y están íntimamente relacionados con la finalidad del programa. Así, en algunos países, el diseño del muestreo es proporcional a la producción agrícola del país, y la toma de muestras se realiza al final de la cadena de producción, antes de iniciar la distribución. Este es el caso de España, cuyo *Plan Nacional de Vigilancia de Residuos de Plaguicidas* es diseñado por el Ministerio de Agricultura en colaboración con las Consejerías de Agricultura de las distintas Comunidades Autónomas. Sin embargo, lo más usual es que el diseño del muestreo sea proporcional al consumo de alimentos, y la toma de muestras se realice en los puntos de venta al consumidor. En estos casos, es usual que sean las autoridades sanitarias del país, o las agencias nacionales de alimentación, las encargadas de planificar y coordinar los programas de control.

Lógicamente, la finalidad última de un tipo y otro de programas es muy diferente. En el primer caso, los objetivos que realmente se persiguen son comprobar el buen uso de los

plaguicidas, y evitar que se produzcan problemas a la hora de exportar los productos agrícolas del país. En el segundo, los objetivos fundamentales son evitar que se consuman dentro del país alimentos con niveles de residuos superiores a los LMRs, y evaluar la ingesta real de plaguicidas de la población. Estas diferencias de planteamiento en los programas de control, junto con las diferentes metodologías analíticas utilizadas en cada país, e incluso en cada laboratorio de un mismo país, hacen que los resultados obtenidos en los distintos programas de control de residuos de plaguicidas deban ser tomados con cierta precaución a la hora de realizar comparaciones.

En la Tabla 4 aparecen resumidos los resultados obtenidos en el *Plan Nacional de Vigilancia de Residuos de Plaguicidas* español del año 1999, en el que se analizaron un total de 3.150 muestras, de las que alrededor del 5 % fueron muestras de cereales, el 30 % de frutos cítricos, y el 65 % restante de otras frutas y hortalizas. En dicha tabla se indican el número de muestras correspondientes a cada comunidad autónoma, el porcentaje de muestras en las que se encontró algún residuo de plaguicida, y el porcentaje de muestras en las que se encontraron niveles de residuos superiores a los LMRs establecidos en la legislación española. Las muestras fueron analizadas en 14 laboratorios agrarios dependientes de las autoridades agrícolas autonómicas, además del laboratorio arbitral de Madrid, el cual depende del MAPA. De las 3.150 muestras analizadas, 1.314 contenían algún residuo de plaguicida, lo que representa el 41,7 % del total de muestras, y únicamente en 116 muestras se determinaron niveles residuos de algún plaguicida superiores a los LMRs, lo que supone el 3,7 % del total de muestras analizadas. Estos porcentajes son muy similares a los que se vienen obteniendo en los distintos programas nacionales de control de otros países, tanto de Europa como del resto del mundo. En la Tabla 5 se indican los resultados obtenidos en los programas nacionales de control de 11 países europeos en el año 1996. Aquí, es preciso volver a insistir en el valor relativo de cualquier tipo de comparación, ya que tanto las sistemáticas de muestreo, como el tipo y número de plaguicidas incluidos en cada programa de control pueden ser muy diferentes de un país a otro, e incluso de una comunidad autónoma a otra.

Como ya se ha comentado, además de los programas de control nacionales, en algunos países hay establecidos diferentes programas regionales. En el caso de España, estos programas regionales suelen ser de carácter “dirigido”, siendo sus objetivos más usuales el vigilar el uso de algunos plaguicidas especialmente problemáticos, y/o asegurar que los niveles de residuos en determinados productos agrícolas están muy por debajo de los LMRs. Un importante ejemplo de este tipo programas regionales es el realizado por la Consejería de Agricultura de la Junta de Andalucía, durante la campaña 1999/2000, para controlar los niveles de residuos de Metamidofos en los pimientos producidos en Almería. Los resultados de este programa, que fueron dados a conocer en el “3rd European Pesticide Residue Workshop-EPRW 2000” (York, 3-5 Julio 2000), son analizados de forma detallada en uno de los capítulos de este libro. Otros ejemplos de programas regionales de control de residuos de plaguicidas son los planes de control de calidad llevados a cabo en diferentes comunidades autónomas sobre productos agrícolas específicos, tales como: a) productos con alguna denominación de origen o signo distintivo de calidad; b) productos biológicos o productos obtenidos con sistemas de producción integrada; y c) productos para exportar a un país en particular, con el que se ha firmado algún tipo de acuerdo.

## CONTROLES “IN-HOUSE” DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS

Por último, he de referirme a otro tipo de control, denominado control “in-house”, que en mi opinión es el más efectivo para asegurar que los alimentos lleguen al consumidor libres de residuos, o con niveles de residuos inferiores a los LMRs. Con este nombre se conocen los controles rutinarios que agricultores y/o exportadores aplican a sus productos antes de ser comercializados, para conocer los niveles de residuos de plaguicidas en los mismos. En este caso, los análisis suelen realizarse en laboratorios privados, laboratorios pertenecientes a asociaciones de productores-exportadores, o laboratorios pertenecientes a diferentes organismos como ayuntamientos, universidades, Ministerio de Comercio (SOIVRE), etc.

En mi opinión, el control “in-house” de residuos de plaguicidas debería realizarse sobre cualquier producto agrícola que haya sido producido utilizando tratamientos fitosanitarios, y formar parte del control de calidad global al que estos productos son sometidos antes de su comercialización. De esta forma, los esfuerzos y recursos de las administraciones públicas responsables de la seguridad de los alimentos podrían dirigirse a supervisar dichos controles, y a establecer distintos programas oficiales de vigilancia de los niveles de residuos en los alimentos comercializados o consumidos dentro de cada país o región, con el fin de evaluar la exposición real de la población a los residuos de plaguicidas.

Sin duda, algunos importantes productores almerienses de frutas y hortalizas han sido los pioneros en España en realizar este tipo de control. Hoy, Almería es quizás la zona agrícola donde más análisis de residuos de plaguicidas de carácter “in-house” se realizan en todo el mundo. Prueba de ello son las cerca de 10.000 muestras “in-house” que se analizaron durante la campaña agrícola 1999/2000 (sólo en los dos laboratorios más importantes de control “in-house” de residuos de plaguicidas que hay instalados en la provincia de Almería: COEXPHAL y CUAM). En la actualidad, se estima que seis diferentes laboratorios de control “in-house” de residuos de plaguicidas están operando en la provincia, y al menos dos nuevos laboratorios ya han sido proyectados para ser instalados en un futuro cercano. Finalmente, de acuerdo con algunas previsiones bastante realistas, el número total de muestras “in-house” de frutas y hortalizas que serán analizadas en Almería, durante la presente campaña 2000/2001, será superior a las 20.000.

## BIBLIOGRAFÍA

- Codex MRLs for Pesticides: [www.fao.org/CodexSystem/pestdes](http://www.fao.org/CodexSystem/pestdes).
- General Inspectorate for Health Protection: *Analytical Methods for Pesticide Residues in Foodstuffs*. Ministry of Public Health, Welfare and Sport, Bilthoven , 1996.
- National Food Administration: *Pesticide Analytical Methods in Sweden, Part 1. Rapport 17/98*. Livsmedelsverket, Uppsala, 1998.
- Teruel V.: *Límites Máximos de Residuos de Plaguicidas en Productos Vegetales en España*. MAPA, Madrid, 1998.
- US Food & Drug Administration: *Pesticide Analytical Manual, Vol. I*. FDA, Washington, 1994.

- Valverde A., González E.: *Análisis de Residuos de Plaguicidas en Hortalizas. Métodos de Extracción*. IEA, Almería, 1989.
- Valverde A. (Ed.): *Residuos de Plaguicidas '96/Pesticide Residues '96*. IEA-UAL, Almería, 1998.
- Valverde A. (Ed.): *Journal of AOAC International Special Section on Chromatographic Pesticide Residue Analysis*. J. AOAC Int., 83, 679-770, 2000.
- World Health Organization: *WHO Guidelines for Predicting Dietary Intakes of Pesticide Residues*. WHO, Geneva, 1997.

Nota: Las Tablas 4 y 5 han sido elaboradas con los datos contenidos en los siguientes documentos: a) Informe de la Reunión del Grupo de Trabajo sobre Residuos de Plaguicidas del MAPA, Santiago de Compostela, 11-12 de Abril de 2000; b) Programa Nacional de Vigilancia de Residuos de Productos Fitosanitarios en Origen, Programa de Control de LMRs-1996, Subdirección General de Sanidad Vegetal, MAPA, Madrid, 1998; c) Monitoring for Pesticide Residues in the European Union-Report 1996, Directorate General XXIV, European Commission, Dublin, 1998.

**Tabla 1. Etapas de un Método de Análisis Multirresiduos**

EXTRACCION	Acetonitrilo (Mills) Acetona (Luke) Acetato de Etilo (Andersson)
«CLEAN-UP»	Partición líquido-líquido GPC SPE
DETERMINACION	GC - ECD, NPD, FPD, MS HPLC - UV, FL
CONFIRMACION	GC-MS HPLC-MS Aplicación de un segundo método

**Tabla 2. Técnicas de Determinación según Tipo de Plaguicidas****Cromatografía de Gases (GC)**

GC-ECD	Halogenados Piretroides Acidos Clorofenoxy (previa derivatización) Fenilureas (previa derivatización)
GC-NPD	Fosforados Nitrogenados
GC-FPD	Fosforados (modo P) Sulfurados (modo S)
GC-ITMS/MSD	Mayoría de los analizados por GC

**Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC)**

HPLC-FL/UV	N-Metilcarbamatos (RPC-OPA/FL) Fenilureas (RPC-OPA/FL) Acidos Clorofenoxy (UV) Benzimidazoles (UV/FL)
------------	--

**Métodos No Cromatográficos**

Colorimetría (S <sub>2</sub> C)	Ditiocarbamatos
------------------------------------	-----------------

**Tabla 3. Acreditación y participación en ejercicios de intercalibración «oficiales» de los laboratorios del Plan Nacional de Vigilancia de Residuos de Plaguicidas - 1999**

Laboratorio	Acreditacion (ENAC)	Intercalibraciones 1999 EU PT-3 / MAPA-99	No. Muestras Plan EU-1999
<i>MADRID (Ministerio/Arbitral)</i>	Si	Si / Si	5
ANDALUCIA (2 Labs.)	No	Si / Si	70
<i>VALENCIA</i>	Si	Si / Si	30
MURCIA	No	Si / Si	20
CASTILLA-LEON	No	Si / No	15
CASTILLA-LA MANCHA	No	Si / Si	15
<i>ARAGON</i>	Si	Si / Si	10
CATALUÑA	No	Si / Si	5
NAVARRA	No	No / Si	5
EXTREMADURA	No	No / No	5
PAIS VASCO	No	Si / Si	--
LA RIOJA	No	No / Si	—*
GALICIA	No	No / No	--
CANARIAS	No	No / No	--
<b>Total 15 Labs</b>	<b>3 Acreditados</b>	<b>10 / 11</b>	<b>180</b>

\* Las muestras de esta autonomía fueron analizadas en el Laboratorio Arbitral de Madrid

**Tabla 4. Plan Nacional de Vigilancia de Residuos de Plaguicidas - 1999**

<b>Autonomía (Laboratorio)</b>	<b>No. Muestras Analizadas</b>	<b>% Muestras con Residuos</b>	<b>% Muestras con Residuos &gt; LMRs</b>
MADRID (Ministerio/Arbitral)	23	8.7 %	4.3 %
ANDALUCIA (2 Labs)	587	26.4 %	4.9 %
VALENCIA	919	67.0 %	5.3 %
MURCIA	290	50.0 %	3.1 %
CASTILLA-LEON	160	15.6 %	0.6 %
CASTILLA-LA MANCHA	173	12.1 %	1.7 %
ARAGON	119	42.8 %	2.5 %
CATALUÑA	194	43.5 %	3.0 %
NAVARRA	80	3.7 %	0.0 %
EXTREMADURA	166	31.3 %	0.0 %
PAIS VASCO	154	34.4 %	4.5 %
LA RIOJA*	63	46.0 %	1.6 %
GALICIA*	93	23.6 %	3.2 %
CANARIAS*	63	61.0 %	0.0 %
Otras* (sin Lab.) (Asturias, Baleares y Cantabria)	66	21.2 %	6.0 %
<b>Total (15 Labs)</b>	<b>3150</b>	<b>41,7 %</b>	<b>3,7 %</b>

\* Parte de, o todas, las muestras de estas autonomías fueron analizadas en el Laboratorio Arbitral de Madrid.

**Tabla 5. Resultados de los Programas Nacionales de Control (Frutas y Hortalizas) de Diferentes Países Europeos en el Año 1996**

<b>País</b>	<b>No. Muestras Analizadas</b>	<b>% Muestras con Residuos &lt; LMRs</b>	<b>% Muestras con Residuos &gt; MRLs</b>
Alemania	4257	32,5	3,0
Bélgica	932	47,2	1,3
Dinamarca	1273	22,7	1,0
España	3022	38,8	1,4
Finlandia	3368*	51,0	6,2
Holanda	11015*	46,6	3,7
Italia	7194	33,4	2,1
Irlanda	505	45,7	2,6
Luxemburgo	212	35,8	6,1
Reino Unido	878	38,5	0,9
Suecia	3908	40,4	1,6
<b>SUMA (11 Países)</b>	<b>36564</b>	<b>40,4</b>	<b>2,9</b>

\*Incluidos cereales