

# NTP 660: Control biológico de trabajadores expuestos a plaguicidas (I): aspectos generales



Surveillance biologique des travailleurs exposés aux pesticides. Aspects généraux.  
Biological Monitoring of Occupational Exposure to Pesticides. General Aspects

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

## Redactor:

Jordi Obiols Quinto  
Licenciado en Ciencias Biológicas y en Farmacia

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

*Esta NTP constituye la primera de una serie de dos Notas Técnicas que tratan del control biológico de los trabajadores expuestos a plaguicidas. Los peligros para la salud que representan los plaguicidas, las características relativas al control biológico y su relación con la vigilancia de la salud de los trabajadores desde los puntos de vista normativo y técnico, son objeto de esta primera nota. En la segunda, se desglosan las técnicas concretas a emplear para los distintos tipos de plaguicidas.*

## Introducción

El empleo de productos destinados, en general, a impedir el desarrollo incontrolado de las más variadas formas de vida susceptibles de causar pérdidas económicas o daños a la salud de las personas, genéricamente denominados plaguicidas, es una práctica cada vez más frecuente. Las pérdidas económicas pueden deberse a la destrucción de cosechas, materiales de valor económico o de la construcción. Los daños a la salud de las personas pueden ser directos (organismos parásitos) o indirectos (vectores de enfermedades).

Los tipos de plaguicidas que se comercializan como formulados para ser utilizados con los fines mencionados son de lo más variado, tanto en sus características físicas, químicas (grupos químicos de sus ingredientes activos y naturaleza de los restantes componentes) como en sus formas de empleo y utilización específica. A este respecto, los plaguicidas de uso agrícola, destinados a la protección de las cosechas y productos agrarios, se integran en el grupo de los llamados fitosanitarios, cuya autorización y registro para su comercialización es potestad del Ministerio de Agricultura. Los llamados plaguicidas de uso ambiental son los que, en general, se emplean en los espacios interiores, ocupados por el hombre, y junto a otros muchos productos de usos muy variados (que van desde los de higiene personal a los de taxidermia) se agrupan actualmente bajo la denominación conjunta de biocidas, con un registro en el Ministerio de Sanidad que, de acuerdo con la normativa vigente, en el futuro será único.

El objetivo de esta nota técnica es, por un lado, destacar el papel de la toxicología, que debe conformar la vigilancia de la salud en la exposición a plaguicidas y su relación con el control biológico, como partes de la acción preventiva, especialmente compleja. Y, por otro, el de aportar elementos que contribuyan a una mejor interpretación y una evaluación más crítica de la información disponible por parte de los profesionales responsables, para una toma de "decisiones sobre una base más sólida.

## Toxicidad y riesgo por plaguicidas

De su capacidad de actuar sobre otros seres vivos deriva el que los plaguicidas sean, en general, productos peligrosos para la salud humana. Pero, de hecho, el riesgo específico vinculado a su utilización, depende, en cada caso, de las características del producto empleado, el tipo de uso (o en su caso la fabricación y/o la formulación) y las medidas de protección adoptadas y, además, las condiciones específicas en que se utilice, incluso, en cada aplicación en concreto; es decir, de los factores de riesgo concurrentes en cada situación. No se debe olvidar que, en definitiva, los plaguicidas se emplean porque tienen un poder tóxico experimentalmente demostrado sobre otras formas de vida, a las que se quiere controlar. En consecuencia, la acción que puedan ejercer estos mismos productos sobre el hombre está relacionada, en buena parte, con la similitud biológica existente entre el organismo diana al que en principio va dirigido y el propio organismo humano, y en esta similitud se incluyen desde los procesos bioquímicos hasta la organización estructural, que depende de su posición en la escala biológica (mamíferos).

En este sentido, el primer elemento determinante de la peligrosidad toxicológica de un plaguicida formulado comercial (expresada por su clasificación) es su composición; especialmente su o sus ingredientes activos (la o las especies químicas o el producto natural que actúa o tiene una acción específica sobre el organismo que se quiere combatir o controlar), su concentración en el formulado (cuanto

mayor es la concentración de tales ingredientes mayor tiende a ser su peligrosidad) y los disolventes, especialmente cuando son de tipo orgánico; pero sin dejar totalmente de lado otros componentes como puedan ser coadyuvantes, emulsionantes, etc., que, de alguna manera, hacen posible el que los ingredientes activos actúen de manera eficaz.

Las características toxicológicas de un ingrediente activo se establecen a través de un complicado proceso evaluador que exige ensayos muy completos para detectar los distintos tipos de efectos que puede producir en diferentes patrones y vías de exposición; el conjunto de datos obtenidos permite, entre otros aspectos, su clasificación desde el punto de vista toxicológico. En la tabla 1 se presenta un esquema de los datos biológicos que se tienen en cuenta en este proceso, lo que da una idea de su complejidad. Los resultados de estos estudios son imprescindibles para su reconocimiento internacional mediante la inclusión en la Lista Comunitaria de sustancias activas de fitosanitarios, o en la de sustancias activas de biocidas, previa solicitud y presentación adjunta en forma de documentación, establecida por normativa comunitaria, a través del Ministerio de Sanidad.

**TABLA 1**  
**Clasificación de los datos biológicos y tipos de estudios para la evaluación de los plaguicidas**

1. Aspectos bioquímicos. Toxicocinética (absorción, distribución, metabolismo, excreción por las vías pertinentes), biotransformación y efectos sobre parámetros bioquímicos.
2. Estudios especiales. Farmacología, potenciación, neurotoxicidad, función reproductiva, teratogenicidad, carcinogenicidad (si no está incluido en estudios de exposición crónica). Acción sobre la piel.
3. Estudios de exposición aguda. La DL50 (dosis única teóricamente capaz de causar la muerte del 50% de los animales a los que se les ha suministrado, usualmente rata o ratón). Signos de intoxicación por exposición aguda.
4. Estudios de exposición subaguda. (En general, hasta 1 mes).
5. Estudios de exposición subcrónica. (En general, entre 2 y 3 meses).
6. Estudios de exposición crónica. (En general, más de tres meses hasta dos años). Estudios que duran toda la vida del animal de experimentación o por encima del 50% de la vida del animal.

A partir de los referidos datos de evaluación, y de acuerdo con la normativa vigente para la clasificación de los formulados en relación con los peligros para la salud, se tienen en cuenta los efectos sobre la salud que se presenta en la tabla 2a. Entre los datos biológicos, tiene especial relevancia la dosis letal 50 (DL50), que es el parámetro de toxicología aguda de mayor interés y constituye un dato fundamental para la clasificación del propio ingrediente activo, pero no es en modo alguno el único. En cada patrón y vía de exposición, a que se hace referencia en la mencionada tabla 1, cada ingrediente puede dar origen a unos determinados efectos en unos determinados órganos; en la tabla 2b se presentan los principales efectos críticos obtenidos a partir de la revisión de datos de un conjunto de 230 ingredientes activos.

Para clasificar los formulados comerciales con respecto a la toxicología humana, se tiene en cuenta, además de los ingredientes activos con su propia clasificación (precisamente según sus propiedades toxicológicas), las concentraciones de cada uno de dichos ingredientes en el formulado, así como los disolventes. La clasificación de un formulado, con los correspondientes pictogramas y frases R y S, constan en el correspondiente Registro (del Ministerio de Agricultura o de Sanidad) y están impresos en la etiqueta. Es imprescindible destacar, no obstante, que hay muchos formulados que por el ingrediente activo que contienen y su concentración no se incluyen en ninguna de las categorías reconocidas por la normativa vigente, son "sin clasificar". El que un formulado esté sin clasificar en ningún caso es sinónimo de que su uso, manipulación o contacto con él esté potencialmente exento de riesgos, ni forzosamente de la inexistencia de riesgo real significativo para la salud de las personas.

**TABLA 2a**  
**Efectos considerados para la clasificación toxicológica de los formulados**

- Letales agudos
- Irreversibles no letales tras exposición aguda
- Graves tras exposición repetida o prolongada
- Corrosivos y efectos irritantes
- Sensibilizantes
- Carcinógenos, mutagénicos y tóxicos para la reproducción

**TABLA 2b**  
**Efectos críticos, órganos críticos y diana más frecuentes (distintos plaguicidas)**

- **Inhibición de la AChE.** Es un indicador bioquímico de efecto adverso, pero de carácter reversible. Es un efecto crítico que se observa en el hombre, y experimentalmente en rata y perro, por exposición a organofosforados y a ciertos carbamatos.
- **Neurotoxicidad.** Acción tóxica sobre el sistema nervioso
- **Hígado y riñón.** El primero por ser el principal órgano de biotransformación de los agentes extraños al organismo; el segundo por ser el principal órgano de excreción.
- **Tiroides, cápsulas suprarrenales, testículos.** Todos ellos integrados en el sistema endocrino.
- **Tracto gastrointestinal, tracto respiratorio, sistema hematopoyético, piel y huesos.** Estos tipos de efectos son producidos por diferentes ingredientes activos, y se evidencian, en cada caso, a partir de los resultados de los estudios experimentales.
- **Desarrollo fetal.**

La composición de los plaguicidas, especialmente los ingredientes activos empleados, ha ido variando a lo largo del tiempo en función de las necesidades y de las disponibilidades técnicas con la aparición de nuevos ingredientes activos y formulados. La tendencia es la de que los productos que se utilizan sean cada vez menos tóxicos para el hombre (y para el medio ambiente) aunque, por diversas razones, desgraciadamente no siempre es así, porque en la práctica es muy difícil conocer todos los efectos toxicológicos de una sustancia química; especialmente los que son consecuencia de exposiciones a concentraciones relativamente bajas durante periodos de tiempo prolongados (low-level long-term exposure) o bien los efectos permanentes de la exposición subaguda. El riesgo tóxico potencial a largo plazo, según patrones de exposición a menudo mal definidos, por las razones ya apuntadas, es prácticamente imposible de evaluar por métodos higiénicos convencionales, lo que puede ser una razón de más para llevar a cabo un control biológico estricto a fin de evaluar dicha exposición y el riesgo para la salud de los trabajadores que permitan mantener o mejorar sus condiciones de trabajo, evitar riesgos no aceptables y daños a la salud, la meta final de este tipo de control.

Por otro lado, la vigilancia de la salud en su conjunto debe ser exhaustiva a fin de detectar cualquier alteración relacionada con estos agentes, y esto es de especial relevancia si se tiene en cuenta que, en general, el control biológico por sí mismo no detecta efectos sobre la salud ni, por ejemplo, los efectos de las interacciones por exposición a múltiples compuestos combinados, bien simultáneamente, bien a lo largo del tiempo, que son las situaciones habituales de los trabajadores que manipulan plaguicidas en su puesto de trabajo.

Por todo ello, conviene hacer hincapié en los dos aspectos básicos referentes al control biológico en la exposición a plaguicidas, el normativo y el estrictamente técnico. Dentro de lo que se puede considerar el ámbito normativo, como se verá, hay algunos criterios de difícil interpretación y que no coinciden con los de tipo técnico, definidos y ampliamente reconocidos de lo que se entiende por control biológico.

## Aspectos normativos

En el marco normativo, se cita el control biológico en el RD 374/2001. En el art. 2, de definiciones, se da la de "valor límite biológico", pero no la de control biológico. Además, el art. 6.3, establece que "la vigilancia de la salud será un requisito obligatorio cuando ...resulte imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre la salud del trabajador debido a que: a) No pueda garantizarse que la exposición del trabajador a dicho agente esté suficientemente controlada." Según este mismo artículo "el control biológico, será también un requisito obligatorio para trabajar con los agentes indicados en el anexo II". Pero es preciso recordar que, en el momento de la publicación del RD, el Anexo II "Valores límite biológicos de aplicación obligatoria y medidas de vigilancia de la salud" sólo incluye el del plomo en sangre, aplicable a la exposición al plomo inorgánico. Ello significa que, desde un punto de vista estrictamente normativo y teórico, no es obligatoria la realización del control biológico de los trabajadores expuestos a plaguicidas.

Sin embargo, en la práctica, debe prevalecer el "derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud" del trabajador, establecido con carácter general en el art. 14 Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, implicando que "el empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo" (art. 22), por encima de la mera obligatoriedad del control biológico restringida sólo a los agentes incluidos en el mencionado Anexo II del RD, según lo señalado en el párrafo anterior. Por otro lado, de conformidad con el Reglamento de los Servicios de Prevención (RD 39/ 1997) "la vigilancia de la salud estará sometida a protocolos específicos u otros medios existentes con respecto a los factores de riesgo a los que esté sometido el trabajador" (art. 37, c), cuyos contenidos específicos y periodicidad son establecidos por el Ministerio de Sanidad Consumo y las Comunidades Autónomas, oídas las sociedades científicas pertinentes y con participación de los agentes sociales.

El "Protocolo de vigilancia sanitaria específica para los/as trabajadores/as expuestos a plaguicidas" fue publicado en 1999 por el Ministerio de Sanidad y Consumo (como un volumen dentro de la serie "Protocolos de Vigilancia Sanitaria"). En su presentación se precisa que su aprobación responde a las directrices del marco normativo establecido por la LPRL, por las que los exámenes médicos han de ser "periódicos", "específicos frente a los riesgos" y que "no deben ser utilizados con fines discriminatorios ni en perjuicio del trabajador". Como criterio de aplicación, "a cualquier trabajador, que tras la evaluación de riesgos resulte estar expuesto a plaguicidas". Dentro del apartado de definición del problema, entre las fuentes de exposición y usos, a partir de los datos de intoxicaciones accidentales de un hospital de El Ejido (Almería), zona de explotación agrícola intensiva, destaca especialmente el predominio de casos por el uso de insecticidas (75%), acaricidas (10%) y fungicidas (9%).

Dentro de los insecticidas, los organofosforados son los más frecuentes (59%), a los que siguen los carbamatos (34%) y organoclorados (10%). Señala que en la fabricación de plaguicidas y las plantas de formulación no existen prácticamente casos de intoxicación aguda.

No obstante, no se hace ninguna mención a otras actividades con riesgo de exposición, como la de los trabajadores que manipulan plaguicidas en el interior de locales, tratamientos estructurales de edificios, ni la que tiene lugar en el desarrollo de otras actividades que exigen un mayor o menor contacto con ciertos agentes de este tipo, como las de tipo veterinario, por ejemplo, cuyo personal frecuentemente los manipula, aplica, o tiene contacto con animales tratados.

En el apartado 4.3 "Control biológico y estudios complementarios específicos" del Protocolo, se señala que se basa en la determinación de la colinesterasa plasmática, eritrocitaria, GPT y GGT. Estos dos últimos parámetros bioquímicos son dos enzimas relacionados con los efectos en el tejido hepático, de carácter totalmente inespecífico, que se alteran por la exposición importante a cualquier agente hepatotóxico. Se cita, además, el paranitrofenol como indicador biológico en la exposición a paration, aunque no se propone "como prueba obligatoria", lo que parece dar a entender que las otras pruebas citadas son obligatorias

El siguiente apartado, 5. "Normas para el cumplimiento del protocolo médico específico", hace hincapié en que el tiempo máximo entre la toma de muestra de sangre total y la determinación analítica de la colinesterasa eritrocitaria no debe superar las 4 horas. Se citan una serie de pasos a fin de hacer efectivo "el apoyo que el laboratorio puede prestar al diagnóstico de la intoxicación por organofosforados y carbamatos", cuyos aspectos relevantes se presentan en la tabla 3. Las pruebas de laboratorio se proponen, por tanto, con fines diagnósticos de la intoxicación por estos plaguicidas, y su conveniencia debe ser considerada estrictamente desde esta

perspectiva y con el citado objetivo. Merece ser destacado que el peso otorgado a las distintas pruebas es:

1. Prioridad a la determinación de la colinesterasa plasmática, por lo que se habrá obtenido nivel basal de cada trabajador antes de iniciar la exposición a plaguicidas
2. La colinesterasa eritrocitaria tiene interés cuando se sospecha una exposición previa
3. El nivel actual de la pseudocolinesterasa plasmática, si se sospecha intoxicación aguda o crónica, se compara con el basal; la determinación de ALT (GPT) y GGT se justificaría para descartar la concurrencia de otras patologías que puedan ser origen de un descenso de la colinesterasa plasmática
4. La determinación seriada de la pseudocolinesterasa plasmática para el control de la evolución de una intoxicación.

**TABLA 3**  
**Apoyo prestado por el laboratorio "al diagnóstico de la intoxicación por organofosforados y carbamatos"**

- Determinación de niveles basales de pseudocolinesterasa plasmática, antes de iniciar la exposición. En caso de duda: colinesterasa eritrocitaria
- En sospecha de intoxicación actual, determinación de pseudocolinesterasa plasmática
- Posible justificación de determinación de enzimas hepáticas ALT (GPT) y GGT
  
- En sospecha de intoxicación pasada, niveles de actividad de colinesterasa eritrocitaria
- En control de evolución, determinación seriada de colinesterasa plasmática

En el mismo apartado 5 se señalan las "características" de los trabajadores por las que deben evitar la exposición a organofosforados y carbamatos, hasta que se normalicen los valores analíticos, tal como se presenta en la tabla 4. Los tres apartados a que se refiere el cuadro, obviamente, se aplican de manera individual, incluidos los referidos a valores de colinesterasa.

**TABLA 4**  
**Situaciones en que el trabajador debe evitar la exposición a organofosforados y carbamatos**

- Disminución del 25% de la colinesterasa plasmática, con respecto al valor basal
- Enfermedad hepática, dermatológica, neurológica, cardiorrespiratoria, daño hepático severo o alcoholismo crónico
- Nivel basal de colinesterasa plasmática por debajo del 25% del límite inferior del rango de normalidad

Finalmente, en el mismo apartado recomienda el estudio de las variantes genéticas cuando "el valor basal de la colinesterasa intraeritrocitaria fuera baja en el examen de salud inicial". No obstante, las variantes que cita el texto son de la colinesterasa plasmática. (Véase la discusión en la NTP-661). En cuanto a la periodicidad del reconocimiento médico, en principio, se señala que será anual; o bien semestral, si la exposición del trabajador es habitual o intensa, o lo aconsejan las alteraciones detectadas.

## Aspectos técnicos

### Tipos de control

También respecto a los plaguicidas son aplicables los aspectos generales referentes al control biológico en la exposición a contaminantes químicos, en cuanto a conceptos, práctica e interpretación, desarrollados en la NTP-586, cuyo conocimiento es básico para una mayor facilidad de comprensión del texto que sigue, y de interés para higienistas industriales, médicos del trabajo y cuantos profesionales se dedican a la prevención ocupacional. Las definiciones operativas de control biológico y vigilancia de la salud son las

que siguen:

- **Control Biológico (Biological Monitoring):** es la medida y valoración de los agentes del lugar de trabajo, o de sus metabolitos, bien en tejidos, secreciones, productos de excreción, aire espirado o cualquier combinación de ellos para evaluar la exposición y el riesgo para la salud comparado con una referencia adecuada.
- **Control de Efectos Biológicos (Biological Effect Monitoring):** es la medida y valoración de los efectos biológicos precoces cuya relación con las alteraciones de salud no ha sido aún establecida, realizadas en trabajadores para evaluar la exposición y el riesgo para la salud, comparado con una referencia adecuada.
- **Vigilancia de la salud (Health surveillance):** es una actividad exclusiva del médico del trabajo cuya finalidad es la de poner en evidencia lo más precozmente posible alteraciones del estado de salud que puedan ser consecuencia de la exposición a un agente extraño al organismo (xenobiótico) o que puedan representar una contraindicación para la exposición a tal agente.

En cuanto al control biológico propiamente dicho, una de las premisas fundamentales al respecto es que no existe un control biológico universal aplicable a todos los tipos de plaguicidas a los que los trabajadores puedan estar expuestos, lo que está muy directamente relacionado con todo cuanto se expone de aquí en adelante, teniendo bien presente, además, que para la mayoría de los plaguicidas no se dispone de ninguna técnica de control biológico. De idéntica manera que para el caso de riesgo por exposición a metales, por ejemplo, que debe plantearse respecto de aquellos metales en concreto que puedan encontrarse de manera significativa en el puesto de trabajo, las características del tipo de control biológico a que deben someterse los trabajadores en la exposición a plaguicidas ha de variar, en cada caso, con la composición del plaguicida origen del riesgo, lo que equivale a decir que dependerá de sus ingredientes activos.

En definitiva, pues, el control biológico deberá orientarse sobre la base del grupo químico al que pertenece tal ingrediente activo o de la especie química, siempre empleando los indicadores lo más específicos y representativos posible de la exposición y el riesgo para la salud. En este contexto, los indicadores son parámetros que señalan un acontecimiento en un sistema o en una muestra biológica, en un momento concreto en el tiempo. Por esta razón, esta toma de muestras de efectuarse de manera sistemática o repetitiva a lo largo del tiempo.

En general, existen tres tipos básicos de indicadores:

- **Indicadores de exposición:** son los que presentan una correlación con la concentración del xenobiótico en el ambiente de trabajo. Puede ser el propio xenobiótico o los productos resultantes de su biotransformación. Tal es el caso de los metabolitos de diferentes ingredientes activos de plaguicidas que se eliminan por la orina. En principio, su concentración urinaria aumenta con el conjunto de la exposición ambiental, dérmica y digestiva.
- **Indicadores de efecto:** representan efectos biológicos precoces, reversibles, que en principio se desarrollan en el órgano crítico. En cuanto al efecto en sí cabe distinguir entre efecto crítico y subcrítico. El más corriente de este tipo de efecto suele ser la inhibición de algún enzima que interviene en algún proceso fisiológico que se desarrolla en el mencionado órgano crítico, o en alguna estructura o componente afín a dicho órgano.
- **Indicadores de susceptibilidad:** cualquier indicador que exprese una condición individual, congénita o adquirida, de capacidad limitada del organismo para hacer frente a la exposición a un contaminante específico.

También en el caso de la exposición a plaguicidas, el empleo de estos tres tipos de indicadores tiene usos y significados marcadamente diferentes. Los de exposición y efecto siempre reflejan, de manera directa o indirecta, la existencia de un contacto con el plaguicida en cuestión. En cuanto a la inmediatez de esa exposición respecto al tiempo vendrá determinada por la semivida del indicador de exposición, o del tiempo de recuperación fisiológica del indicador de efectos hasta su vuelta a los niveles existentes antes de la exposición. En general, los ingredientes activos actualmente autorizados tienen una semivida bastante corta, de modo que, tanto la molécula original como sus metabolitos, una vez finalizada la exposición que dio origen a su presencia en determinados medios biológicos, suelen prácticamente desaparecer de tales medios en un periodo de tiempo muy corto, que habitualmente no supera los tres o cuatro días, aunque este extremo depende de la sustancia concreta de que se trate en cada caso. Por el contrario, la recuperación o el retorno de un indicador de efecto al nivel existente antes de la exposición suele ser más lento, generalmente de varias semanas o incluso, según los casos, de meses. Es imprescindible destacar que cualquier medición de un indicador de exposición o de efecto representa un elemento básico para evaluar la exposición y/o el riesgo del trabajador y, por tanto, debe ser llevada a cabo con las máximas garantías técnicas posibles, en cuanto a control de calidad analítica, a fin de evitar valores erróneos. Esta exigencia debe hacerse extensiva a todos y cada uno de los pasos conducentes a tal evaluación, a través de una adecuada gestión de la calidad.

Por el contrario, no son objeto de inclusión en estas notas técnicas de prevención los indicadores de susceptibilidad, que expresan una limitación de la capacidad individual del trabajador para hacer frente a un xenobiótico. Son de escasa validez preventiva si se tiene en cuenta que, por imperativo legal, la prevención se ha de basar en la optimización de las condiciones del puesto de trabajo; en definitiva, en reducir la exposición del trabajador a límites técnicamente aceptables ("protección eficaz") cuando no sea totalmente evitable. Por tanto, no sería regular la selección positiva de individuos cuyo organismo tuviese una mayor capacidad de hacer frente a la exposición a un agente difícilmente reputable de suficientemente controlada, desde el punto de vista higiénico. La consecuente exclusión de los que tuviesen una capacidad limitada, en tal caso, sería discriminatoria, en abierta contradicción con el espíritu manifestado en la presentación del propio Protocolo de vigilancia, comentado en el apartado 3.

Por último, hay que señalar algunos aspectos propiamente de la toma de muestras biológicas del trabajador. En muchos casos es de carácter invasivo (como las muestras de sangre, que se obtienen por punción venosa o capilar) y, aunque la tendencia es cada vez mayor a utilizar muestras fáciles de obtener, no invasivas (como las de orina), lo que contribuye a mejorar la aceptación y participación de los trabajadores, ello no siempre es posible. En cualquier caso, la toma de muestras biológicas y su análisis, además de las implicaciones legales en relación con la confidencialidad y el uso de la información generada, tiene una dimensión ética, ya comentada, con respecto a los fines propuestos.

## Requisitos

A tenor de todo lo comentado hasta aquí, la implantación de un programa de control biológico en la exposición a plaguicidas tiene unas implicaciones técnicas básicas específicas, que deben ser respetadas, y se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se centra en evaluar la exposición y/o el riesgo por plaguicidas y no tiene por objeto detectar alteraciones precoces de la salud del trabajador. Es específico, dirigido al ingrediente o ingredientes activos concretos origen del riesgo, si se dispone de indicador adecuado. No existe ningún "indicador biológico universal de exposición o de riesgo por plaguicidas".
  - La toma de muestra se debe realizar en el momento adecuado, acorde con la farmacocinética del indicador. Carece de todo valor cualquier medición de un indicador en una muestra tomada a destiempo.
  - La evaluación de los resultados la debe llevar a cabo un prevencionista con experiencia en la evaluación de riesgos higiénicos, mediante criterios técnicos apropiados, por comparación con una referencia adecuada.
  - Forma parte de la actividad preventiva que se desarrolla de manera sistemática, a tenor de los factores de riesgo existentes en cada momento y que pueden ser muy variables. Una única medición en el tiempo carece de valor.
- 
- Requiere unas condiciones que garanticen la máxima calidad de los resultados obtenidos. Cuando sea posible, se debe dar preferencia a las muestras de carácter no invasivo. Precisa cumplir con todas las exigencias de confidencialidad y la de evitar el uso inadecuado de los datos y la información generada.

## Bibliografía

1. LU, F (1995)  
**A review of the Acceptable Daily Intakes of Pesticides Assessed by WHO.**  
*Regul. Toxicol. Pharmacol.* 21:352-364.
2. M. SANIDAD Y CONSUMO  
**Protocolos de Vigilancia Sanitaria Específica. PLAGUICIDAS.**  
*Secretaría General Técnica. Madrid, 1999.*
3. R.D. 2163/1994 de 4.11. (M. Presid. BOE 18.11.94) Implanta el sistema armonizado comunitario de autorización para comercializar y utilizar productos fitosanitarios.
4. R.D. 374/2001 de 6.4. (M. Presid., 131300E 1.5, rect. 30.5. y 22.6.2001). Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
5. R.D. 1054/2002 de 11.10. (M. Presid. BOE 15.10.2002) Regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas.
6. R.D. 255/2003 de 28.2 (M. Presid. BOE 4. 3.2003). Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.
7. OBIOLS, J  
Control biológico de los trabajadores expuestos a contaminantes químicos  
*INSHT (M. Trabajo y Asuntos Sociales), Madrid, 1998.*
8. OBIOLS, J. y GUARDINO X.  
NTP 586-2001. **Control Biológico: concepto, práctica e interpretación.**  
*INSHT, Colección Notas Técnicas de Prevención.*