

NTP 586: Control biológico: concepto, práctica e interpretación

Surveillance biologique. Concepte, mise en oeuvre et valoration
Biological monitoring. Concept Implementation and Assessment.

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.

Redactores:

Jordi Obiols Quinto
Licenciado en Ciencias Biológicas y Farmacia

Xavier Guardino Solá
Doctor en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

En la presente Nota Técnica de Prevención se revisan y actualizan los conceptos relacionados con el control biológico de la exposición laboral a contaminantes químicos tratados en la NTP 146. El objetivo principal es exponer de manera clara e inequívoca sus fundamentos, la metodología adecuada, su correcta práctica e interpretación conveniente por parte de los actuantes en la prevención de riesgos por exposición a agentes químicos: los higienistas y los médicos del trabajo.

Introducción

El término control biológico hace referencia a una técnica preventiva cuyo rasgo distintivo fundamental con respecto a otras técnicas preventivas de 'monitoraje', es el hecho de que para su realización práctica se precisan siempre muestras de algún medio biológico del trabajador expuesto.

En la presente nota técnica, el control biológico se circunscribe exclusivamente al ámbito de la prevención laboral, en el que cada vez está más extendido, aunque esta misma técnica es utilizada en otros ámbitos cuya finalidad última es la protección de la salud humana o del medio ambiente.

También debe advertirse que esta técnica no tiene relación alguna con el posible estudio y análisis de determinados tipos de muestras para la evaluación de riesgos por la presencia de "agentes biológicos" (contaminantes biológicos) en el lugar de trabajo, actividad con la que frecuentemente se la confunde, debido a la mera similitud terminológica, aunque de contenidos totalmente dispares.

El objetivo de esta nota técnica es presentar una visión general sucinta de los aspectos básicos relativos al concepto (naturaleza y aplicación), implementación, e interpretación del control biológico, que le pueda servir al técnico (higienista o médico) no conocedor de esta técnica de prevención de riesgos por agentes químicos en el ambiente de trabajo, como elemento o guía de base en los pasos a seguir para el desarrollo de un programa de este tipo.

Control biológico y vigilancia de la salud

La expresión control biológico se encuentra expresamente recogida en el ordenamiento jurídico en las tres disposiciones que se comentan a continuación.

- R.D. 39/1997 de 17.1. (M. Trabajo y A. Soc., B.O.E. 31.1.1997). Reglamento de los servicios de prevención. Art. 37.3.c. En este RD se hace mención del control biológico para incluirlo, junto con otras prácticas y estudios complementarios, en la historia clínico-laboral dentro de los "exámenes de salud" para la "vigilancia de la salud", según los factores de riesgo a los que esté expuesto el trabajador.
- R.D. 665/1997 de 12.5. (M. Presid., B.O.E. 24.5.1997). Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. Anexo II. 2.3. En este RD simplemente se le cita como una medida más, en su caso, a incluir en el control médico de los trabajadores expuestos a cancerígenos.
- R.D. 374/2001 de 6.4. (M. Presid., BB.OO.E. 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. Art. 6.3 y Anexo II. a y b. En este RD se cita

("incluida en su caso") junto con la vigilancia de salud como obligatoria para trabajar con los agentes de su Anexo II, pero si bien se da una definición de este término, no se incluye la del propio control biológico.

La utilización del mismo término en las tres disposiciones citadas, con significados bien distintos, puede contribuir, sin duda, a una cierta confusión en cuanto al concepto, naturaleza, alcance y objetivos del control biológico; y más aún si, tal como se ha señalado, no tiene tampoco relación conceptual alguna con los agentes biológicos.

Por lo que se refiere a la vigilancia de la salud, está ampliamente citada en más de 30 disposiciones legales vigentes relacionadas con la prevención de la salud de los trabajadores. En la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales se indica 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. 22.1), se cita como una de las herramientas destinadas a garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores (art. 14.2) y como parte de la evaluación de riesgos (art. 16.3).

Por otro lado, cuando la vigilancia de salud sea adecuada, es decir, si:

- a. puede relacionarse la exposición del trabajador a un agente químico con una enfermedad o un efecto adverso;
- b. existe la probabilidad de que se produzca en las condiciones de trabajo concretas, y
- c. existen técnicas de escaso riesgo para su detección, el citado R.D. 374/2001 la establece como obligatoria, siempre que:
 1. la evaluación de riesgos indique que hay un riesgo;
 2. se supere un valor límite ambiental aplicable (obligatorios - Anexo I, actualmente sólo del plomo - o los valores límite ambientales publicados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo o criterios alternativos);
 3. lo disponga una reglamentación específica o sea imprescindible para evaluar los efectos de un agente químico sobre la salud;
 4. no pueda garantizarse un control suficiente de la exposición del trabajador; y
 5. el trabajador pueda presentar o desarrollar una especial sensibilidad.

Aunque el control biológico es citado en todas las reglamentaciones dentro del área de la vigilancia de la salud, en realidad es una técnica que está mucho más relacionada con la Higiene Industrial que con la Medicina del Trabajo, porque sus resultados informan sobre la exposición y/o el riesgo para la salud del trabajador por un agente extraño al organismo (o xenobiótico) como es propio de la higiene, y esta información, salvo en casos y situaciones muy concretos, no se puede interpretar intrínsecamente en términos de salud o enfermedad.

Por ello, el control biológico debe considerarse, en principio, como una extensión del control ambiental, basado en la determinación de los contaminantes presentes en el aire, a lo que es el propio medio biológico del trabajador; dicho de otro modo, en lugar de tomar muestras del aire que respira el trabajador se toman muestras de algún medio biológico del trabajador que resulte adecuado al fin propuesto.

Concepto

Definiciones

La dinámica que establece el RD 374/2001 es: 1) evaluación de riesgos (todos), que cuando sean de tipo higiénico por inhalación incluirán la medición de la concentración de los agentes químicos en la zona de respiración del trabajador, y 2) la adopción de medidas específicas de prevención, y vigilancia de la salud cuando se superen los valores límite ambientales. Es en este marco donde, aparte los casos de obligatoriedad por una norma genérica o específica, tiene aplicación el control biológico, como un instrumento potencialmente muy útil en la evaluación de la exposición y el riesgo para la salud del trabajador.

Desde la vertiente técnica, estos sistemas de control se basan en unas definiciones sobre las que se sustenta su contenido y en las que se asienta su valor como elemento de evaluación de la exposición y el riesgo higiénico. Las definiciones que se presentan a continuación son las que se establecieron en el "Seminario Internacional sobre la Valoración de Agentes Tóxicos en el Lugar de Trabajo. Funciones del Control Biológico y Ambiental" de Luxemburgo (1980) y que con ligerísimas variaciones se pueden considerar como actualmente vigentes, no sin antes hacer hincapié en que son de carácter puramente técnico.

Control (monitoring): es una actividad relacionada con la salud, continua o repetitiva, sistemática, conducente a la adopción, si procede, de medidas correctoras.

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 biológico de efecto (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. Introducido en 1986.

Control ambiental (Ambient or Environmental Monitoring): es la medida y valoración de los agentes en el lugar de trabajo y evalúa la exposición ambiental y el riesgo para la salud comparado con una referencia adecuada. En el mismo documento se da esta definición por la relación del control biológico, en cualquiera de sus variantes, con las propias concentraciones ambientales.

Elementos distintivos del control biológico

Los más importantes son el indicador, la muestra biológica y la referencia adecuada.

- **Indicador**

Es el propio agente químico del lugar de trabajo, o un derivado metabólico suyo, que se mide y valora, para efectuar el control biológico. Un metabolito es siempre un producto resultante de alguna transformación química del xenobiótico vinculada de alguna manera a los ciclos metabólicos del organismo y/o a su capacidad detoxificadora, siempre dependiente, directa o indirectamente, de los sistemas enzimáticos disponibles en el tejido u órgano donde tenga lugar. Tanto si lo que se determina es el propio contaminante, como si es un metabolito suyo, se habla de indicador de exposición; por el contrario cuando el parámetro a determinar es algún pequeño cambio específico no adverso o patológico en el organismo, se habla de indicador de efecto.

- **Muestra biológica**

Siempre se emplea una muestra de este tipo para la medición del indicador de elección. Esta muestra puede ser un tejido, sangre, orina o cualquier otro producto de excreción, una secreción o el propio aire espirado. Dependiendo del contaminante (p. ej., el plomo), se puede determinar un indicador en cierto tipo de muestra biológica (Plomo en sangre, PbS), o el mismo indicador en distintos tipos de muestra biológica (plomo en sangre y en orina, PbS y PbO), y viceversa, se pueden determinar distintos indicadores en distintos tipos de muestra (PbS y ácido d-aminolevulinico, ALA, en orina) y distintos indicadores en un mismo tipo de muestra (en la exposición al benceno, la determinación del benceno y el ácido t,t'-mucónico en orina). En cualquier caso, es imprescindible que el tipo de muestra empleada sea el adecuado para el indicador que se va a determinar.

- **Referencia adecuada**

Es el término de comparación que se utiliza para evaluar la exposición o el riesgo que implica el nivel de indicador hallado en un medio biológico adecuado y, por esa razón, genéricamente se denominan valores límite biológicos. En realidad, tales valores límite forman parte de los criterios de evaluación biológica y en ciertos casos puede haber diferencias apreciables entre los valores adoptados según los distintos criterios, porque éstos pueden diferir entre sí en las premisas adoptadas para la consecución del objetivo final de su implementación, que es siempre la prevención de la salud tras muchos años de exposición laboral (crónica), aunque por diferentes caminos. Básicamente, hay dos tipos de criterios:

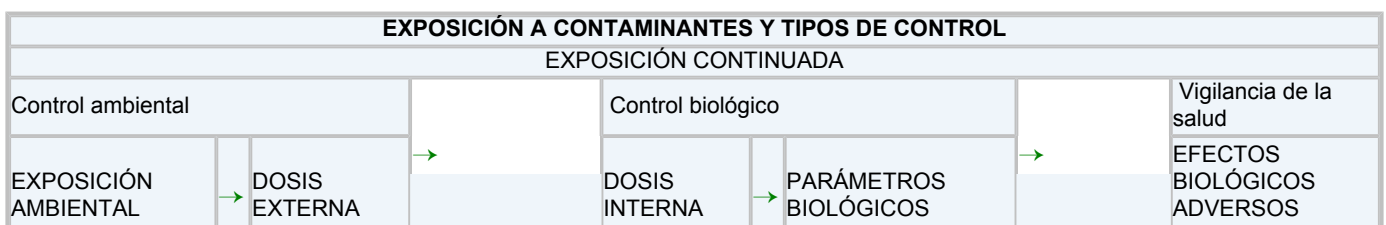
- Criterios de tipo higiénico: son los que toman como elemento básico los propios valores ambientales; por ejemplo, los Biological Exposure Indices (BEI) de la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) de EE.UU. y los Valores Límite Biológicos (VLB) del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). O bien criterios higiénicos; por ejemplo, los Benchmark Guidance Values (BGV) entre los Biological Monitoring Guidance Values (BMGV) del Health and Safety Executive (HSE) desde 1994.
- Criterios de salud: en el caso de los Health Guidance Value (HGV), entre los BMGV los límites han sido establecidos a unos niveles tales para los que, desde un punto de vista científico no se dispone de indicio alguno de que la sustancia vaya a producir daño a la salud (siempre según el estado de conocimientos científicos al respecto, en el momento de su establecimiento). Los BAT (Biologische Arbeitsplatztoleranzwerte, BAT-Werte) están definidos por la DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) como la cantidad máxima de un compuesto químico, sus metabolitos, o cualquier desviación de la norma de los parámetros metabólicos inducida por esas sustancias en personas expuestas. En ambos tipos de criterios de salud, el elemento diferencial con respecto de los criterios higiénicos es que si determinado límite en un medio biológico representativo concreto, establecido según unas determinadas premisas, no se supera se considera que no se producirán alteraciones en la salud del trabajador que está - repetida y largamente - expuesto a la sustancia en cuestión para la que ha sido establecido.

Excepcionalmente, cuando se trabaje con agentes que, aunque de importante peligrosidad (sospechada o reconocida), por su escaso uso (p. ej., ciertos precursores o intermediarios de síntesis de algunos colorantes y productos orgánicos) hace que no se disponga de valores límite biológicos de agencias oficiales, u organismos internacionales, aunque sí de un indicador de exposición, se podrá utilizar un valor interno de la empresa ("inhouse limits" en la terminología anglosajona), siempre que se corresponda con unos criterios que:

1. Tengan una base higiénica objetivable.
2. Sean defendibles (unas situaciones u operaciones definidas, unos valores ambientales y unas prácticas higiénicas, todo ello correcto en términos de riesgo).
3. Se disponga de una capacidad de respuesta analítica en el medio biológico de elección adecuada a tal fin (capaz de detectar anomalías en 2, según lo que se espera de 1).

Las relaciones entre exposición, presencia del contaminante en los medios biológicos, sus efectos sobre el organismo y las referidas técnicas de control se presentan en la figura 1. Los distintos tipos de control pretenden evitar los efectos adversos de los agentes tóxicos susceptibles de ser absorbidos. La vigilancia de la salud tiene por objeto detectar cualquier trastorno precoz por la exposición a tales agentes que han superado los mecanismos de homeostasis, produciéndose alteración de la salud.

FIGURA 1
Relaciones entre exposición ambiental y efectos adversos sobre la salud



Toxicocinética y toxicodinamia

La **toxicocinética** del contaminante hace referencia al conjunto de procesos mediante los que el organismo actúa sobre el xenobiótico, que básicamente son: absorción, distribución, metabolismo y excreción.

- La **absorción** de un xenobiótico, es decir, su ingreso en el organismo (paso a la sangre), depende en su velocidad y magnitud de la vía de contacto. En la vía inhalatoria, un mayor esfuerzo físico por parte de un individuo en un determinado ambiente representa una mayor carga de trabajo (lo que implica un incremento de la frecuencia respiratoria y volumen de aire inhalado, ritmo cardíaco, etc.) y, en definitiva, una mayor exposición interna.
- La **distribución** de cada sustancia (y también la de los metabolitos que como se verá se van formando) tiene lugar según el riego sanguíneo de los distintos órganos, por lo que se habla de compartimentos para referirse a aquellos tejidos y órganos que tienen unas características similares al respecto.
- El **metabolismo** del xenobiótico tiene lugar a partir del momento en que ha ingresado en el organismo. Los variados procesos de transformación de los xenobióticos están vinculados de alguna manera a los ciclos metabólicos del organismo y/o a su capacidad detoxificadora, siempre dependiente, directa o indirectamente, de los sistemas enzimáticos disponibles en el tejido u órgano donde tenga lugar. En este sentido, es a su paso por el hígado, aunque no exclusivamente en él, cuando tienen lugar la mayoría de estos procesos, lo que está en consonancia con su elevada irrigación. Esta transformación puede ser rápida, de modo que a los pocos minutos de empezar el proceso de absorción, sea detectable algún metabolito en un medio biológico determinado, o puede ser mucho más lenta, debiendo transcurrir un cierto número de horas antes de poder ser detectado, dependiendo de la reactividad química del agente y de la vía de transformación o detoxificación que siga este xenobiótico en el organismo (humano o animal de experimentación, por lo que pueden haber diferencias sustanciales) y lo normal es que tenga lugar en distintas fases.
- Finalmente, el último paso es la **excreción**, eliminación activa del propio xenobiótico o de sus metabolitos a través del riñón, o por otras vías, como la fecal o la sudoración, y/o también por simple difusión y equilibrio a través del pulmón y, en mucho menor medida, el propio riñón.

El tiempo durante el que una sustancia o un metabolito se encuentra en el organismo, y por tanto en cada tejido y órgano, hasta su desaparición de los medios biológicos una vez ha cesado la exposición es característico de esa sustancia o del metabolito. No obstante, más que el tiempo total de permanencia en el organismo o en un tejido concreto, interesa la **semivida**, o vida media, es decir, el tiempo que tarda en reducirse a la mitad la concentración (respecto del momento en que es máxima o del final de la exposición) en el compartimento en cuestión (o el tejido/órgano concreto) objeto de interés, y si se trata de todo el cuerpo, el tiempo necesario para reducirse a la mitad la cantidad total existente en el organismo, y se pueden determinar experimentalmente, siempre con un margen de variabilidad fisiológica y experimental. Lo más habitual es que la eliminación de un xenobiótico no tenga lugar de manera uniforme, sino que transcurre por fases, cada una con su propia cinética, lo que implica, de hecho, que cada una de ellas tenga su propia semivida. Hay xenobióticos cuya eliminación tiene lugar en tres fases (como el cromo), con una fase rápida de unas horas, una fase lenta de unas semanas o meses, y con una tercera fase muy lenta, que puede durar años. Esa, juntamente con todo lo expuesto, es una de las razones por las que la toma de muestras debe hacerse en el momento adecuado, y hay diferentes momentos de muestreo, incluso para un mismo contaminante. La relación entre la semivida de un compuesto en el organismo, su significación en cuanto a la exposición del trabajador y la importancia frente a la toma de muestras pueden verse en la figura 2. Aunque en el control biológico se evalúa la exposición y/o el riesgo, la vida media del indicador empleado es el factor determinante del tipo de exposición sobre la que informa su medición y del momento en que debe realizarse la toma de muestra en el medio biológico de elección y el rigor exigido en ello.

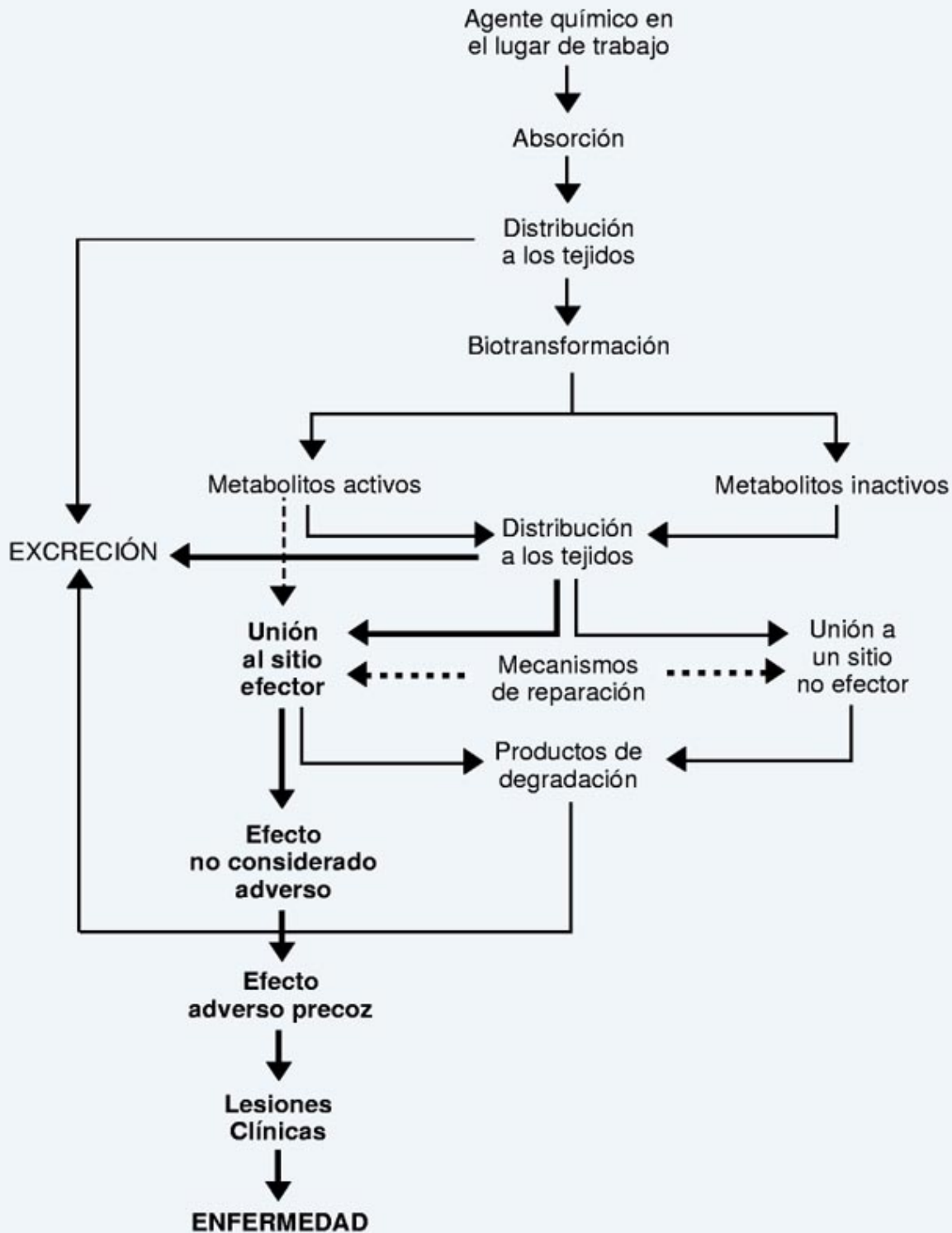
La **toxicodinamia** estudia de los efectos de los agentes tóxicos sobre el organismo, en distintas condiciones de exposición y los mecanismos a través de los cuales llegan a producirse. El tejido, célula o estructura del organismo sobre el que actúa un agente tóxico es el llamado sitio elector. El primer efecto que se presenta en los individuos expuestos en unas determinadas condiciones recibe el nombre de efecto crítico en tales condiciones de exposición. En general, los valores límite biológicos se fijan, directa o indirectamente, de tal manera que no lleguen a producirse efectos adversos ni, aún menos, enfermedades en los trabajadores crónicamente expuestos a las sustancias en cuestión, tomando como base, entre otros elementos, el efecto crítico en trabajadores con exposiciones laborales bien establecidas y cuantificadas. En la figura 3 se esquematiza la relación entre xenobiótico y efectos en el organismo.

Figura 2
Tipo de exposición según la semivida del indicador y momento de muestreo

SEMIVIDA DEL INDICADOR en el medio de muestreo	REPRESENTATIVO DE LA EXPOSICIÓN	MOMENTO DE MUESTREO
$t_{1/2} < 2$ horas	Reciente (últimas 2-3 horas)	Muy crítico
$2 < t_{1/2} < 5$ horas	Diaría (conjunto de la jornada laboral)	Crítico
$5 < t_{1/2} < 48$ horas	Semanal	Final de semana de trabajo (no crítico)
$t_{1/2} > 48$ horas	Mensual o mayor	Discrecional (imprescindible un periodo previo de equilibrio de varios meses de exposición)

Figura 3
Relaciones toxicocinéticas y toxicodinamia de los xenobióticos en el organismo.

DESTINO DE UN AGENTE QUÍMICO AMBIENTAL EN EL SITIO EFECTOR DEL ORGANISMO



Consideraciones a estas definiciones

Todos estos procesos mencionados varían cualitativa y cuantitativamente para cada sustancia, de modo que cada xenobiótico tiene sus propias características toxicocinéticas. Esto significa que la concentración del indicador de exposición (la sustancia o el metabolito a determinar) en los distintos tejidos y órganos va variando con el tiempo de manera característica para cada sustancia. La traducción práctica de esta especificidad en el comportamiento del organismo frente a cada sustancia es que "el parámetro a determinar" (el indicador), "el dónde" (el tipo de muestra), y en "qué momento" (cuándo se ha de efectuar la toma) concretos han de ser los adecuados para que la concentración del xenobiótico en cuestión sea representativa de la exposición de los trabajadores cuyo riesgo se pretende evaluar. Y ello por dos razones: la propia representatividad de la muestra en sí y la necesidad de la adecuación al criterio de evaluación adoptado, en cuyo establecimiento se ha tenido fundamentalmente en cuenta la toxicocinética de la sustancia (qué indicador, qué muestra y en qué momento) y, en cuanto a la magnitud del propio valor límite biológico, el término de referencia para la evaluación, su toxicodinamia. La cifra concreta o valor numérico del indicador se establece, directa o indirectamente, a partir de la toxicodinamia.

Es preciso hacer hincapié en que puede ser un error grave llevar a cabo un control biológico de unos trabajadores expuestos a un agente químico peligroso desde el punto de vista higiénico en unas condiciones que no sean las adecuadas en cuanto al indicador tipo de muestra y momento de la toma, porque pueden suministrar una información conducente a una evaluación equívoca de esa

exposición o de ese riesgo, (generalmente por defecto), pudiendo llegar a la conclusión de que no existe riesgo donde sí realmente existe (lo que es gravísimo preventivamente en términos de costo en salud) o viceversa, afirmar la existencia de riesgo donde no lo hay, lo que puede ser grave en términos económicos, por los costos de soluciones higiénicas innecesarias.

4. Práctica

Aparte de los agentes químicos peligrosos en que es normativamente obligatoria, la práctica del control biológico en la exposición laboral está especialmente indicada en aquellos casos en que:

- a. existan variaciones en las medidas ambientales lo suficientemente grandes como para tener dudas respecto a cómo quedan realmente integradas las variaciones de exposición en el organismo del trabajador (carga en el sitio efector) o, de una manera más general, cuando a fin de dar cumplimiento a la obligatoriedad del empresario de evaluar el riesgo por un agente químico en un puesto de trabajo resulte imprescindible llevar a cabo el control biológico de los trabajadores;
- b. la absorción por vía dérmica pueda representar una fracción adicional cuantitativamente importante con respecto a la exposición por vía inhalatoria, y una consideración análoga es válida para la vía digestiva;
- c. se deba comprobar la eficacia de un determinado tipo de EPI cuyo uso se ha adoptado en unas determinadas operaciones en las que mayoritariamente se centra la exposición;
- d. haya sospechas fundadas sobre la existencias de otras fuentes de exposición distintas de las laborales y, en principio, no reconocidas y difícilmente identificables; y
- e. se sospeche que, en un grupo de trabajadores, hay diferencias grandes en la carga de trabajo, a fin de identificar los que la tienen mayor, comparativamente con el resto del grupo.

En ningún caso, no obstante, el control biológico sustituye ni debe preceder al control ambiental, puesto que, frente a la posibilidad de riesgo por vía inhalatoria, ésta es la primera acción de control que se debe llevar a cabo. Cuando por alguna de las razones aludidas el higienista objetivamente haya concluido que, en cierta empresa, debe llevarse a cabo un control biológico de unos trabajadores expuestos a unos determinados agentes químicos en unos determinados puestos, debe procederse a una cuidadosa planificación del programa, en la que se tendrán en cuenta las fases que se comentan en el apartado siguiente.

Es importante señalar aquí que, si bien se dispone de varios cientos de valores límite ambientales aplicables a la evaluación del riesgo por agentes químicos peligrosos, sólo se dispone de valores límite biológicos para el control biológico en la exposición a una cuarentena de tales agentes. Éste es, por tanto, el principal factor limitante de la aplicación del control biológico en la Higiene Industrial, la escasa disponibilidad de parámetros que cumplan con los requerimientos científicos (de orden teórico) y técnicos (de orden práctico) necesarios para poder ser empleados como indicadores al efecto. Los principales aspectos prácticos del control biológico de tales agentes químicos están recogidos en la AIP Control biológico. Guía de valores límite biológicos, muestreo, análisis y evaluación.

Recogida de información

La información tendrá dos vertientes distintas. Una son las condiciones de trabajo (colectivamente consideradas) y de los propios trabajadores de manera individualizada y convenientemente dispuesta y ordenada. Otra se refiere a los requerimientos de tipo toxicocinético, que se encuentran en la documentación específica del propio agente, para el control biológico: indicador o indicadores que se pueden determinar, tipos de muestras biológicas requeridos de los trabajadores, y momento o momentos de la toma de muestra, teniendo presente que hay indicadores que requieren dos muestras obtenidas en momentos distintos con respecto al ciclo laboral y a la semana de trabajo.

La recogida de esta información se llevará a cabo con detenimiento y de manera genérica, en principio, si no se parte de un tipo concreto de criterio, o de manera más específica, de acuerdo con el tipo de criterio concreto a seguir en la evaluación de los trabajadores. Sin duda alguna, además, formarán un capítulo importante e imprescindible de la información, previa al paso siguiente, las exigencias técnicas desde el punto de vista analítico, desde un reconocido estándar de calidad del propio laboratorio, como puede ser la ISO 9001 o la correspondiente acreditación (UNE-EN 17025 o una norma específica), y la fiabilidad del método analítico que se vaya a emplear y los correspondientes controles de calidad, interno y, sobre todo externo, con prueba de una correcta respuesta analítica ("satisfactory performance"), hasta las condiciones materiales en que se va a realizar la toma, conservación y transporte de muestras.

Toma de decisiones

Hacen referencia a los trabajadores que se vayan a incluir, la distribución en subgrupos potencialmente de distintos niveles de exposición, o de un grupo control de trabajadores. Pero sobre todo, a los indicadores concretos que se vayan a utilizar cuando haya varios posibles y en qué tipo de muestra. En este sentido, se tendrá siempre un criterio "garantista", es decir, realizar sólo aquellas pruebas acerca de las cuales se tiene plena seguridad de que se pueden llevar a cabo con "garantías" y que todos los problemas con respecto, principalmente,

a la realización de la toma de muestras (que puede ser complicada), su conservación, transporte, lo que en general se llama logística, están plenamente resueltos. Es decir, estas decisiones se tomarán según las posibilidades reales de la empresa, para cada centro y lugar, y nunca se debe intentar hacer algo "a ver si sale bien" o "si hay suerte".

También debe valorarse el tipo de información que se va a dar a los trabajadores implicados, antes y después de la realización del control. Antes, para no crear situaciones de angustia ni de desconfianza, perfilando plenamente el motivo y el objetivo del control; de hecho, el "qué", "cómo", "con qué fin" y "qué cabe esperar del resultado". Después, haciendo hincapié en el significado del resultado o conclusión a que se haya llegado referente a la exposición o la existencia de riesgos para la salud, cuáles son y de qué magnitudes y, todo ello garantizando en todo momento la absoluta confidencialidad de los datos individuales.

Ejecución

Se hará siguiendo al pie de la letra lo programado, tomando nota de cualquier incidencia o imprevisto que se haya podido producir. La ejecución material de todo termina con la recepción de los resultados por la persona responsable.

Evaluación

Se realizará de la manera que se expone en el punto siguiente. Debe tenerse en cuenta que se debe llevar a cabo de manera individual, pero también como grupo: el del conjunto de los trabajadores con un determinado nivel atribuido de exposición.

Evaluación

La evaluación de los resultados requiere tomar como punto de partida la información general sobre el tipo de criterio de evaluación que se va a emplear a tal fin. Esta es una cuestión fundamental porque en el caso de los VLB (INSHT) y los BEI (ACGIH) los valores adoptados para los indicadores de exposición, representan, en general, el nivel más probable del indicador en el medio biológico correspondiente cuando el trabajador está expuesto, exclusivamente por inhalación, a un nivel equivalente al valor límite ambiental para exposición diaria (VLA-ED) del INSHT o al valor límite umbral promediado en el tiempo TLV-TWA (ACGIH) (también exposición diaria). Por esa razón, los valores adoptados con este tipo de criterio reciben, en general, la denominación de valores límite biológicos equivalentes. Esto no es aplicable a los indicadores de efecto, ya mencionados, que representan efectos no adversos (de ocurrencia a niveles más bajos que los adversos) ya que, en algunos casos, se pueden aceptar niveles superiores al valor límite ambiental.

Por todo ello, los valores VLB, como "los BEI, no indican una distinción definida entre las exposiciones de riesgo o no riesgo" (ACGIH) y, en consecuencia, la superación de un VLB en una medición realizada en un determinado momento no implica la conclusión, sin más, de que el trabajador en cuestión esté en una situación de sobreexposición, por la sencilla razón de que por definición, tal valor límite, en general, es "sólo" el valor más probable de encontrar, según lo señalado en el párrafo anterior. Estos valores deberían ser técnicamente interpretados, genéricamente, como niveles de acción individuales, de manera que en "el caso de una superación de carácter puntual deberá ponerse en marcha una investigación con el objetivo de encontrar una explicación plausible para esa circunstancia y actuar en consecuencia o, en su defecto, descartar la existencia de factores causales vinculados al desempeño del puesto de trabajo". Si hay una explicación plausible, es decir, se reconoce algún factor concreto, habrá que modificarlo de alguna manera, o bien descartar factores vinculados al trabajo. Tanto si se adopta alguna medida como si se trata de descartar tales factores vinculados al trabajo, habrá que repetir las medidas.

En los criterios adoptados por el HSE, los valores BGV, se basan en el percentil 90 de los datos validados recogidos en puestos de trabajo representativos con buenas prácticas higiénicas laborales; de significado bien distinto, por tanto, al de los BEI y VLB. Los BGV y BAT son valores que no deben ser superados, cuando se aplican como criterio para el control biológico, y concretamente estos últimos han de ser considerados estrictamente como valores techo biológicos.

Comentario final

El control biológico de los trabajadores expuestos a contaminantes químicos no es un sustituto del control ambiental. No se debe olvidar que la evaluación del riesgo por agentes tóxicos, se basa ante todo en la situación higiénica del lugar de trabajo; y en esta evaluación el control biológico es, por tanto, un complemento muy útil en los casos y situaciones que ya se han comentado. Precisamente por esta razón debe ser planificado e interpretado por un experto en este campo, teniendo siempre presente que, por definición, implica directamente a personas, aunque los resultados obtenidos no representen por sí mismos ninguna medida del estado de salud de los trabajadores e indirectamente se refieren a puestos de trabajo.

Cabe insistir, por último, en que las simplificaciones en un programa de control biológico, por razones de índole práctica o, sobre todo, por razones de carácter económico, para evitar costos, pueden inducir a resultados engañosos en una evaluación. No debe confundirse una medición, mediante la cual se obtiene un resultado, con una evaluación de la exposición o del riesgo. Precisamente porque un valor límite biológico (VLB-INSHT) no representa una "frontera de riesgo", una sola medida ligeramente por debajo de tal valor límite no es garantía, en sí misma, de la inexistencia de riesgo significativo y, viceversa, una sola medida biológica por encima del límite, raramente permitirá alcanzar por sí sola una conclusión, excepción hecha de que supere claramente el límite superior de la variación estadísticamente esperable en unas condiciones higiénicas hipotéticamente correctas según los criterios ambientales.

Bibliografía

1. ACGIH. TLVs. Threshold Limit values and Biological Exposure Indices for 2001. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, Oh, USA, 2001.
2. INSHT. AIP Control biológico. Guía de valores límite biológicos, muestreo, análisis y evaluación. INSHT. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2002.
3. ALCOUFFE, J. Surveillance biologique de l'exposition professionnelle a des substances chimiques. 2^{ème} journée "Recherche" de l'Institut Interuniversitaire de médecine du travail de Paris-Ile-de-France. CAMIP N°3: 343-350. (1995)
4. DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft). Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung. Biologische Arbeitsplatztoranzwerte-BAT-Werte. TRGS 903. Bundesarbeitsblatt, 6/1994. 53-56. (1994)
5. INSHT. Límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España 2001-2002. INSHT. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Madrid, 2001. (Ver sucesivas actualizaciones en www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm#vlb).
6. INTERNATIONAL SEMINAR ON THE ASSESSMENT OF TOXIC AGENTS AT THE WORKPLACE Roles of Ambient and Biological Monitoring. Luxembourg, 8-12, December, 1980. IntArch Occup Environ Health 50: 197-201.
7. OBIOLS, J. Control biológico de los trabajadores expuestos a contaminantes químicos. INSHT (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales), Madrid, 1998.
8. PILLIÉRE, F., ROUSSELIN, X. La surveillance biologique des expositions aux substances chimiques Trav Sec N2 506: 626-630. (1992)
9. R.D. 39/1997 de 17.1. (M. Trabajo y A. Soc., B.O.E. 31.1.1997). Reglamento de los servicios de prevención. Art. 37.3.c.
10. R.D. 374/2001 de 6.4. (M. Presid., BB.OO.E. 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. Art. 6.3 y Anexo II. a y b.

11. R.D. 665/1997 de 12.5. (M. Presid., B.O.E. 24.5.1997). Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. Anexo II. 2.3.
12. Scobbie, A., Wilson, H. K. Is that chemical getting in your body? *Safety & Health Practitioner* 15:22-24. (1997)