

**TRABAJO FINAL DE MASTER  
MASTER EN SALUD LABORAL UNIVERSIDAD POMPEU FABRA**

**REVISIÓN SOBRE CRITERIOS PARA LA REALIZACIÓN E  
INTERPRETACIÓN DEL CONTROL BIOLÓGICO POR EL MÉDICO DEL  
TRABAJO**

**Antonio Carrillo Castillo**

**Residente de 2º año. Medicina del trabajo. Unidad Docente de Medicina  
del Trabajo “Mateu Orfila” UPF**

**DIRECTOR: Xavier Guardino, Centre Nacional de Condicions de Treball,  
Institut Nacional de Seguretat e Higiene en el Treball, Barcelona.**

**TUTORA UPF: Consol Serra, Universitat Pompeu Fabra**

**BARCELONA, 6 JULIO 2009**

<b>ÍNDICE</b>	<b>Pag.</b>
RESUMEN.....	3
DESCRIPCIÓN DEL CASO.....	4
MATERIAL Y MÉTODOS.....	6
VALORACIÓN CRÍTICA.....	8
RECOMENDACIONES.....	22
BIBLIOGRAFÍA.....	24

## RESUMEN

Para evaluar el riesgo de las exposiciones laborales a agentes químicos se utiliza el control biológico como herramienta preventiva. Consiste en la determinación en un medio biológico de un parámetro que es comparado con un valor que servirá de referencia y determinará el posible riesgo. Se utiliza complementariamente al control ambiental por los técnicos de higiene industrial, pero al involucrar muestras biológicas, es al médico del trabajo al que le corresponde la determinación, interpretación y la comunicación de resultados. Se engloba dentro del plan de prevención que coordina todas las actividades preventivas en el medio de trabajo, su abordaje debe ser multidisciplinar y necesita de unos recursos adecuados. Se debe evitar su uso indiscriminado y la indicación debe ser la adecuada para caso. Unos criterios de uso definidos asegurarán una correcta protección del trabajador.

En relación a la interpretación, el médico del trabajo necesita un conocimiento amplio de la técnica, teniendo en cuenta los diferentes momentos donde pueden producirse errores que darán lugar a conclusiones erróneas. Como valores de referencia se utilizarán diferentes parámetros desarrollados por organismos relacionados con la salud laboral, a partir de determinaciones en personas sanas no expuestas. Dependiendo del que utilicemos, la interpretación de los resultados será diferente debido a que utilizan distintas bases científicas para su elaboración. De igual forma deberemos plantear si el uso de un valor de referencia creado a partir de una población ajena a la nuestra es de utilidad en nuestro medio.

Es también importante valorar el proceso analítico que dará lugar a los resultados a interpretar y revisar los criterios éticos tanto en la realización de la prueba como en la comunicación de los resultados.

## DESCRIPCIÓN DEL CASO

El control biológico o biomonitorización es una herramienta preventiva ampliamente difundida para valorar el riesgo de la exposición a sustancias químicas en los trabajadores. Se define como 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<sup>1</sup>. Así pues, los requisitos para la realización del control biológico serían: una matriz biológica adecuada, unos parámetros que reflejen la exposición interna mediante variaciones biológicas o bioquímicas, unos métodos analíticos apropiados y unos valores de referencia que nos permitan la interpretación de los resultados<sup>2</sup>.

Los parámetros que se utilizan son los indicadores biológicos<sup>3</sup>.

1. *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

2. *Indicadores de efecto*: representan efectos biológicos precoces, reversibles, que en principio se desarrollan en el órgano crítico.

Estos parámetros son comparados con los valores de referencia que han desarrollado distintas instituciones relacionadas con la salud laboral o con la higiene industrial.

La implementación del control biológico en el ámbito laboral se inicia a mediados del siglo XX con la determinación de plomo en orina y sangre en trabajadores expuestos<sup>4</sup>. Desde entonces el número de sustancias susceptibles a este control se ha ido incrementando, teniendo en cuenta un mayor conocimiento toxicológico y avances a nivel de técnicas analíticas que nos permiten la detección de un mayor número de sustancias a una

concentración menor. Todo ello, unido a un coste no muy elevado, ha contribuido a un mayor uso de la biomonitorización.

Como la gran mayoría de actuaciones en salud laboral, el control biológico debe ser abordado de forma multidisciplinar, siendo los dos actores principales la higiene industrial y la medicina del trabajo. La utilización de un lenguaje común entre el higienista y el médico del trabajo facilitará el uso correcto de esta herramienta con el consiguiente beneficio para la salud del trabajador.

Las ventajas expuestas hasta ahora han propiciado la expansión de esta práctica, pero tenemos que valorar que una incorrecta indicación o una errónea interpretación de los resultados podrían crear alarma o sensación de falsa seguridad entre los trabajadores.

El objetivo de este informe es revisar los criterios metodológicos, éticos y económicos, para un correcto uso e interpretación del control biológico por parte del médico del trabajo. Se incluye el control biológico de la exposición laboral a plomo a modo de ejemplo con el fin de centrar el informe en una sustancia química concreta.

**Debemos realizar una serie de consideraciones previas respecto a la toxicología del plomo y sus derivados iónicos. La absorción se produce fundamentalmente por dos vías la respiratoria y la digestiva siendo la primera la más importante a nivel laboral. A través del tracto respiratorio y el digestivo se produce la absorción a sangre y de esta la distribución a piel, hígado, glándulas, cerebro, músculo, riñones y hueso, actuando este último como depósito. La eliminación se producirá por heces, orina, aire exhalado, saliva, sudor pelos y uñas.**

**Estas características nos serán de utilidad para determinar posibles matrices biológicas para la realización del control biológico.**

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

El objeto de este estudio es el control biológico a través del plomo y sus marcadores biológicos de exposición, detectables en orina y sangre y que tengan valor de referencia de exposición propuesto por la ACGIH, la DFG o el INSHT.

Como marcador biológico de exposición entenderemos los que señalen la concentración del agente químico contaminante o de algunos de sus metabolitos en un fluido biológico, en este caso sangre u orina.

Se realizó una búsqueda de la literatura científica en la base de datos Pubmed utilizando artículos originales y revisiones publicados en los últimos cinco años en inglés y español, las palabras clave para la búsqueda fueron: biomonitoring, occupational medicine, occupational exposure, interpretation, ethics y economical criteria. Se valoró el hecho que el concepto biomonitoring es mucho más amplio que control biológico tal como se entiende en salud laboral.

La estrategia de búsqueda fue:

1. Biomonitoring AND occupational medicine.
2. Biomonitoring AND occupational exposure.
3. Biomonitoring AND interpretation.
4. Biomonitoring AND ethics.
5. Biomonitoring AND economical criteria
6. 1 OR 2 OR 3 OR 4 OR 5

Se descartaron los artículos que se centraban en la búsqueda de nuevos indicadores biológicos o indicadores de efecto, nuevas matrices, efectos producidos y aquellos en los que biomonitoring tienen un significado más allá de la salud laboral. La búsqueda 5 no dio ningún resultado y solo dos la búsqueda 4. Se obtuvieron un total de doce artículos de los que cuatro fueron descartados por estar estrictamente relacionados con el control biológico en salud pública.

Se realizó también una búsqueda de literatura gris a través de Google siguiendo los mismos criterios y se localizó un artículo que fue incluido para la realización de este informe.

Otras fuentes de literatura gris fueron: legislación, guías, protocolos y notas técnicas a través de página web del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. También a través de esta web se localizó literatura gris de utilidad como la Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo de la OIT. Igualmente se utilizaron notas técnicas de vigilancia biológica de la salud de MC-Mutual.

Las limitaciones más importantes de este informe han sido la no inclusión de sustancias con marcadores biológicos de efecto, que también tienen importancia a nivel laboral y la utilización de sangre y orina como únicas matrices biológicas, descartando otras también utilizadas en salud laboral (aire exhalado, pelo y otros.)

Como fortalezas, las matrices estudiadas en este informe son las más ampliamente utilizadas en salud laboral, la sangre al ser el indicador ideal de dosis y la orina al ser ideal desde un punto de vista práctico. En cuanto a la sustancia de estudio, es la que históricamente ha sido más ampliamente utilizada y estudiada a nivel laboral.

## VALORACIÓN CRÍTICA

El control biológico es una técnica compleja en la que se ven involucradas varias especialidades y que necesita de unos conocimientos toxicológicos, una integridad analítica y una base científica sólida<sup>5</sup>. Si bien el papel del médico del trabajo está claramente circunscrito a la interpretación y comunicación de los resultados, es importante tener una visión global del proceso para poder detectar posibles errores en el mismo ante la aparición de resultados inesperados. En este apartado analizaremos algunos de los momentos donde una alteración en el correcto uso de la técnica dará lugar a interpretaciones y conclusiones erróneas.

### *Valores de referencia e interpretación.*

El eje sobre el que gira el control biológico y su interpretación en salud laboral son los valores de referencia y es importante entender cual es su significado y su modo de obtención.

Las referencias son generadas por organismos relacionados con la salud laboral como la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienist), la DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) y en España el INSHT (Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo). Estos valores de referencia son:

-BEIs (ACGIH): niveles de determinantes que es más probable que se observen en especímenes recogidos de individuos sanos expuestos a sustancias en la misma medida que un trabajador con una exposición por inhalación al TLV<sup>1</sup>.

-BATs (DFG): cantidad máxima permisible de un compuesto químico, sus metabolitos, o cualquier desviación de la norma de los parámetros biológicos inducida por esas sustancias en personas expuestas<sup>6</sup>.

- VLB (INSHT)<sup>7</sup>: niveles más probables de los Indicadores Biológicos en trabajadores sanos sometidos a una exposición global a agentes químicos, equivalente, en términos de dosis absorbida, a una exposición exclusivamente por inhalación del orden del VLA-ED. De este valor de referencia se encontró una definición anterior que habla de ella como límite de la concentración, en el medio biológico adecuado, del agente químico o de uno de sus metabolitos o de otro indicador biológico directa o indirectamente relacionado con los efectos de la exposición del trabajador al agente en cuestión<sup>8</sup>.

Cada una de estas instituciones utiliza una base científica diferente<sup>9</sup>, por lo que el significado de su valor y su interpretación deberá ser también distinta (tabla 1).

Tabla 1. Diferencia entre BEI, BAT y VLB

	BEI (ACGIH)	BAT (DFG)	VLB (INSHT)
Base científica	Exposición-dosis	Dosis-Respuesta Exposición-Dosis	Dosis-Respuesta Exposición-Dosis
Significado	Valores guía	Valores límite	Valores guía
Interpretación	Grupos	Individual o grupos	Individual o grupos

Los valores de referencia son de uso específico para una sustancia determinada. Para comprobar la existencia de valor de referencia se utilizarán los números CAS y EINECS, números de registro de las sustancias químicas comercialmente disponibles, el CAS ideado en Estados Unidos y el EINECS en Europa. Todos los productos químicos que se utilizan en el entorno laboral deben estar correctamente identificados con una de estas reseñas que también aparecen en las guías de valores de referencia.

En el caso del plomo y sus derivados iónicos el número CAS es el 7439-92-1 y el EINECS el 231-100-4.

El único indicador biológico validado por estas instituciones para determinar la exposición a plomo y sus derivados iónicos es el nivel de plomo en sangre (tabla 2). No existe actualmente ningún indicador biológico detectable en orina propuesto por los organismos mencionados.

Tabla 2. Valores de referencia Pb. sangre

Valor de referencia	Plomo en sangre
BEI <sup>a</sup>	30 µg/dl <sup>d</sup>
BAT <sup>b</sup>	400 µg/l
VLB <sup>c</sup>	70 µg/100ml

<sup>a</sup> Valor 2007; <sup>b</sup> Valor 2004; <sup>c</sup> Valor 2009; <sup>d</sup> Controlar plumbemia en neonatos de madres con Pb sangre > 10µg/dl.

Los datos a partir de los que se generan estos valores de referencia se obtienen a través de la determinación del indicador biológico en población sana no expuesta, y se toman como referencia los valores superiores<sup>10</sup>. Así pues sería de utilidad cuestionable el uso de referencias establecidas a partir de poblaciones fuera de nuestro entorno, ya que existe una importante variabilidad dadas las diferentes condiciones ambientales, condiciones biológicas y de hábitos como el consumo de alcohol, la dieta, el uso de drogas y otros, por lo que en España el único valor de utilidad sería el generado por el INSHT.

Otro factor a tener en cuenta es que estas referencias han sido ideadas sobre la base de una jornada de ocho horas diarias, cinco días semanales, aunque es posible la adaptación a otras pautas de exposición teniendo siempre en cuenta las propiedades toxicocinéticas de la sustancia en cuestión. Una de las limitaciones de estos valores es que no valoran exposiciones múltiples que son comunes en el entorno laboral.

De cara a la interpretación debemos saber que un indicador biológico por encima de un valor de referencia no implica que el trabajador esté sufriendo un

exceso de exposición<sup>7</sup>, de igual forma que si está por debajo no implica que esté libre de riesgo ya que estos valores se realizan valorando algunos efectos de la sustancia analizada, pero no la totalidad de los mismos<sup>1</sup>.

La lectura de los resultados la podemos realizar de forma colectiva y de forma individual. Si un grupo de trabajadores está bajo unas mismas condiciones de trabajo y de nivel de exposición, esperaremos unos resultados más o menos homogéneos y proporcionales a los resultados obtenidos del control ambiental, si se han aplicado los dos métodos complementariamente. Esta interpretación colectiva nos permitirá conocer la eficacia de las medidas de prevención y protección adoptadas y el buen uso de las mismas, o para proponer otros mecanismos preventivos si los que están en ese momento en uso no son lo suficientemente eficientes.<sup>7</sup>

La interpretación individual es compleja debido a que los procesos de biotransformación, mecanismos de acción, susceptibilidad y reparación son diferentes según las características de cada individuo. La ingesta de determinados alimentos, de alcohol, la obesidad y patologías de base también pueden afectar de manera sustancial a las conclusiones derivadas de la interpretación de los resultados<sup>1</sup>. Al ser la vía inhalatoria la principal para la absorción de plomo, la carga física de trabajo es un factor importante a tener en cuenta ya que si aumentamos la demanda física se incrementan la ventilación pulmonar y el débito cardiaco, aumentando la absorción por vía inhalatoria, y afectando a la velocidad de distribución por todo el organismo.

Al encontrar un indicador biológico por encima de los valores de referencia deberemos iniciar una investigación sobre las posibles causas revisando todo el proceso realizado y valorando también las características del individuo. Un primer paso sería comprobar si los datos se corresponden con los obtenidos por el control ambiental.

**Deberemos también descartar posibles exposiciones extralaborales, entre las que destacaremos: consumo de agua en casas donde se ha utilizado soldadura de plomo en tuberías o grifos, manipulación inadecuada de**

**plomo en cerámicas, municiones, emanación de vehículos que utilizan combustible con plomo, consumo de alimentos envasados en recipientes que contienen plomo, fabricación de joyas, barnizado de cerámica, figuras de plomo, suelos contaminados por emanaciones de plomo, pinturas que utilizan base de plomo y otros**

*Control ambiental.*

Es la principal herramienta para la evaluación del riesgo por exposición a agentes químicos puesto que tiene un mayor número de valores de referencia<sup>7</sup> y es utilizada por los higienistas. Es la medida y valoración de los agentes químicos en el lugar de trabajo y evalúa la exposición ambiental y el riesgo para la salud comparado con una referencia adecuada<sup>3</sup>.

En el momento de la evaluación del riesgo por exposición a agentes químicos se utilizará el control biológico de forma complementaria (tabla 3) si supone alguna ventaja sobre el uso del control ambiental<sup>8</sup> como podría ser la evaluación de exposiciones durante tiempo prolongado, las debidas a la movilidad del trabajador en su centro de trabajo, la variedad de fuentes de exposición (laborales o extralaborales) y de las características personales del trabajador<sup>11</sup>.

Tabla 3. Características control biológico y control ambiental.

CARACTERÍSTICA	CONTROL BIOLÓGICO	CONTROL AMBIENTAL
Cuantifica	Dosis interna <sup>a</sup>	Exposición externa
Absorción	Todas las vías	Vía inhalatoria
Interpretación	Compleja	+/- Fácil
Medidas	Indicadores	Directa

<sup>a</sup> Es un reflejo de la dosis interna, no la cuantifica en su totalidad.

Al comparar los datos obtenidos por el control ambiental y el control biológico estos deberán ser coherentes.

El uso del control biológico de forma aislada se realizará en situaciones concretas como la evaluación de medidas de protección y prevención adoptadas<sup>7</sup>.

#### *Proceso analítico y toma de la muestra*

En los últimos años se ha producido un paulatino descenso de los valores de referencia<sup>12</sup>. Esto implica la necesidad de una mayor precisión analítica.

La utilización del material adecuado para la extracción, su conservación, transporte, el momento del análisis y la técnica utilizada merecen ser también analizados.

El INSHT ha definido las características de la toma y manipulación de las muestras obtenidas de plomo en sangre (tabla 4) para evitar la contaminación y alteración de las muestras

Tabla 4. Métodos aceptados por INSHT para extracción y análisis de Pb sangre<sup>1</sup>.

Métodos de análisis	Quelación-Extracción/ Espectrometría de Absorción Atómica Delves/ Espectrometría de Absorción Atómica Cámara de grafito/ Espectrometría de Absorción Atómica
Material para toma de muestras	Jeringas y tubos de polietileno (5ml)
Conservación	Nevera a 4°C durante unos días (si no uso inmediato) Tiempos más prolongados: congelación
Conservación	Nevera a 4°C durante unos días (si no uso inmediato) Tiempos más prolongados: congelación

El momento de la toma de la muestra no debe ser aleatorio y viene definido por la toxicocinética del elemento de exposición, que nos determinará la estrategia de muestreo (tabla 5). La absorción, distribución y excreción de la sustancia a analizar nos señalará cual es el instante adecuado para realizar la obtención de la muestra, que vendrá definida por la vida media del indicador a analizar.

En el caso del plomo la vida media en plasma es de aproximadamente unas cinco semanas, por lo que la toma de la muestra podrá ser en cualquier momento, tras un periodo de exposición.

Tabla 5. Momento de toma de la muestra<sup>1</sup>.

VIDA MEDIA	EXPOSICIÓN	MOMENTO DE MUESTREO
$t_{1/2} < 2h$	Reciente	Muy crítico
$2 < t_{1/2} < 5h$	Diaria	Crítico
$5 < t_{1/2} < 48h$	Semanal	Final semana de trabajo
$t_{1/2} > 48h$	Mensual o mayor	Discrecional (tras meses de exposición)

Debemos también tener en cuenta que para una misma sustancia podemos encontrar diferentes indicadores, incluso en diferentes matrices biológicas, con lo que el momento de la toma de muestra será también diferente.

La calidad del laboratorio donde se analizaran las muestras debe estar acreditada, garantizando la fiabilidad de los resultados obtenidos. Para ello se utilizan dos métodos complementarios<sup>13</sup> el control de calidad interno y el control de calidad externo.

El control de calidad interno se realiza mediante procedimientos elaborados por el propio laboratorio para asegurar que la obtención de resultados son lo suficientemente fiables para poder ser aceptados y verificar así la precisión del laboratorio. Se puede realizar mediante el análisis de materiales de referencia y de forma repetida.

El control de calidad externo se realiza comparando los resultados obtenidos utilizando el mismo tipo de análisis en diferentes laboratorios, para ello es necesaria una estrecha colaboración entre los mismos.

Una vez terminado el análisis de las muestras, la correcta transmisión de los resultados por parte del laboratorio al personal sanitario facilitará la tarea de interpretación. Una comunicación clara, en tiempo oportuno, destacando posibles resultados inesperados y aportando límites de referencia facilitará su posterior análisis. Es importante también el envío de la información relativa a todo el proceso de control de calidad realizado por el laboratorio.

### *Indicaciones del control biológico*

La principal valoración a realizar en este apartado es que sin la existencia de un valor de referencia no estará indicado el control biológico, de igual forma que la existencia de esa referencia no justifica por si misma su realización.

Como hemos explicado hasta ahora, la finalidad del control biológico con indicadores de exposición será definir la existencia de exposición, cuantificar la dosis y valorar si se sobrepasan los límites de exposición y estos suponen algún riesgo para el trabajador derivado de su ocupación. Teniendo esto en cuenta, podemos definir una serie de indicaciones<sup>14</sup> para su aplicación:

- Cuando sea obligatorio por normativa
- Cuando los resultados obtenidos del control ambiental dan lugar a grandes variaciones.
- Cuando para evaluar el riesgo en un puesto de trabajo sea imprescindible.
- Cuando la posibilidad de de absorción dérmica o digestiva sea realmente elevada, en especial en condiciones higiénicas deficientes.
- Para comprobar la efectividad en la protección de unos determinados tipos de EPIs.
- Ante la sospecha de otra fuente de exposición diferente a la estrictamente laboral.

- Para valorar todas las vías de exposición y descubrir exposiciones importantes e insospechadas, o corroborar otras que ya se sospechaban.
- Ante grandes diferencias de carga de trabajo que pueden producir variaciones importantes en las dosis absorbidas.

#### *Bases para la realización del control biológico*

En España y como viene reflejado en el artículo 40.2 de la Constitución Española, los poderes públicos tienen encomendado velar por la seguridad e higiene en el trabajo. En *REAL DECRETO 374/2001*<sup>15</sup> se incluye el control biológico dentro de la vigilancia de la salud y determina su obligada realización en trabajadores en riesgo expuestos a plomo y sus derivados iónicos, siempre que se esté expuesto a una concentración de plomo en aire que rebase los 0,075 mg/m<sup>3</sup>, calculados de forma ponderada con respecto al tiempo para un período de referencia de cuarenta horas semanales, o el control biológico detecte en determinados trabajadores un nivel de plomo en la sangre superior a 40 µgPb/100ml. El plomo es un elemento ampliamente utilizado en diferentes procesos productivos que pueden dar lugar a exposiciones. Fundiciones, minería, fabricación de baterías de almacenamiento, materiales de plástico, tuberías, cableados, procesos de soldadura eléctrica, pintura, cerámica, fabricación de municiones, joyería y artículos de vidrio son algunos de sus múltiples usos.

En *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con agentes químicos*<sup>8</sup>, elaborada por el INSHT para facilitar la interpretación y aplicación del Real Decreto, se plantea la posibilidad de su uso con otras sustancias, a parte del plomo y derivados iónicos, “dependiendo de la existencia de un indicador biológico y de los factores de variabilidad ligados a la naturaleza de la muestra, a su recogida y conservación, al método analítico y a las condiciones de exposición, entre otros”.

La forma como se organiza la protección del trabajador es mediante el plan de prevención, que nace del compromiso empresarial y del consenso de todos los actores implicados, proporcionando una organización adecuada y una capacitación del personal involucrado. Esta estructura dará origen a las

diferentes actividades preventivas frente a la exposición a sustancias químicas, entre las que se encuentra el control biológico.

Entre estas actividades preventivas una precisa evaluación de riesgos de los puestos de trabajo nos identificará los trabajadores expuestos sobre los que plantearemos el uso de herramientas de prevención (fig.1), indicando la sustancia con la que trabaja, durante cuanto tiempo y en que condiciones.

Si bien en parte del reglamento se incluye al control biológico dentro de la vigilancia de la salud, es importante resaltar que siendo las dos herramientas preventivas útiles, tanto los objetivos como la información que obtendremos con su uso será diferente.

**Como vigilancia de la salud entendemos conjunto de actuaciones sanitarias colectivas e individuales que se aplica a la población trabajadora con la finalidad de evaluar, controlar y hacer un seguimiento de su estado de salud, con el fin de detectar signos de enfermedades derivadas del trabajo y tomar medidas para reducir la probabilidad de daños o alteraciones de la salud. En cambio el control biológico no tiene entre sus objetivos evaluar el estado de salud de los trabajadores, sólo determinará el posible riesgo.**

**Si los resultados obtenidos muestran niveles por encima de los recomendados y son debidos a la exposición laboral, se deberán tomar una serie de medidas preventivas para disminuir el máximo posible el riesgo del trabajador. Estas medidas serán aplicables de mayor a menor prioridad sobre la fuente de exposición, sobre el medio o sobre el trabajador.**

**Sobre la fuente de exposición podremos actuar eliminando el riesgo mediante la sustitución del producto o modificando el proceso productivo. Por otro lado mediante métodos de extracción, encerramiento del proceso o realizando un buen mantenimiento podremos reducir el riesgo.**

**En el ambiente podremos realizar actuaciones mediante un buen diseño de la ventilación general, aumentando la distancia entre trabajador y fuente o mediante una buena limpieza general.**

**Sobre el trabajador actuaremos mediante la utilización de equipos de protección personal a nivel respiratorio mediante mascarillas adecuadas y protección dérmica con la utilización de guantes y ropa idóneos para la función que desempeñe, disminuyendo el tiempo de exposición y practicando una buena higiene personal.**

**Si bien todas estas medidas de control serán aplicadas por el técnico en higiene, el médico del trabajo desempeña un papel fundamental en la formación e información al trabajador sobre la importancia de las medidas adoptadas y los beneficios que suponen una correcta aplicación de las mismas. Nuevamente esta función deberá ser abordada de forma coordinada entre el higienista y el médico del trabajo.**

#### *Aspectos éticos.*

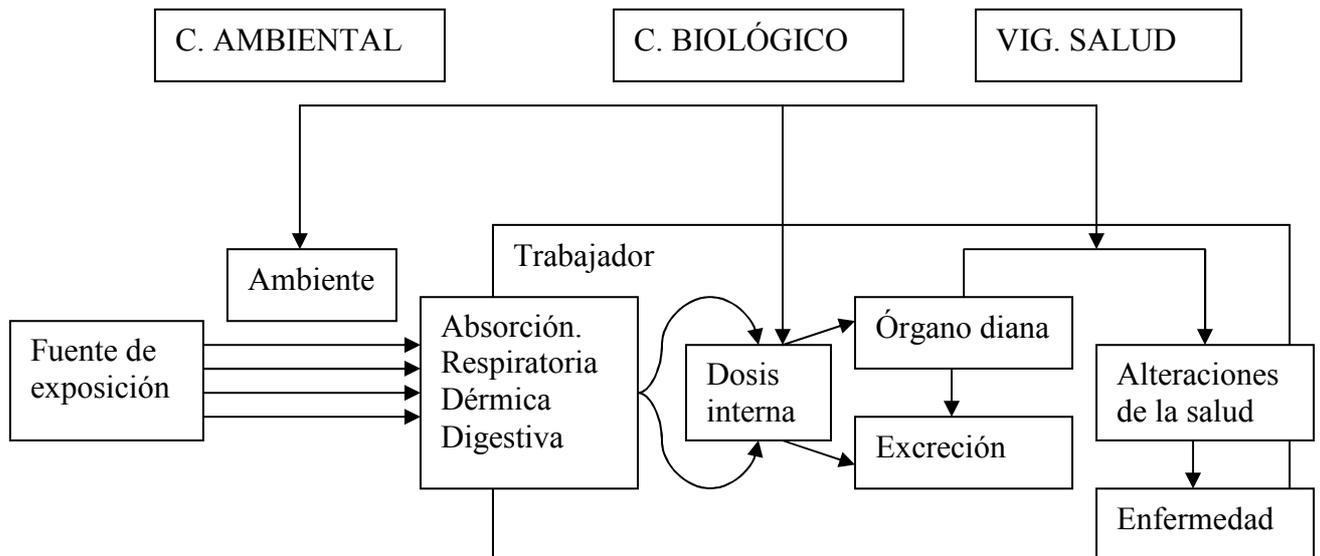
Como cualquier otra actividad relacionada con la salud, el control biológico debe contemplarse dentro de unos criterios éticos, partiendo de la base de los principios bioéticos fundamentales entre los que se encuentran<sup>16</sup>:

- a) Principio de autonomía: respeto a la capacidad y el derecho a decidir de cada trabajador, sin interferencias externas, respetando la conciencia individual como fundamento de la dignidad humana.
- b) Principio de la no maleficencia: la obligación y el deber de no dañar a nadie con nuestros actos.
- c) Principio de la beneficencia: búsqueda permanente y proactiva de hacer el bien a través de nuestros actos y decisiones.
- d) Principio de equidad o justicia: no privilegiar actos, decisiones o grupos de personas por intereses de lucro u otros intereses no éticos.

La Comisión Internacional de Medicina del Trabajo (CIMT) estableció en diciembre de 1991 una serie de recomendaciones para los profesionales de la salud laboral a valorar en el momento de realizar pruebas biológicas relacionadas con la salud de los trabajadores<sup>17</sup>:

- a) Las pruebas biológicas y otras investigaciones deben seleccionarse en función de su validez para proteger la salud del trabajador en cuestión.
- b) Deben tomarse en cuenta para la selección de pruebas biológicas su sensibilidad, especificidad y su valor predictivo.
- c) Deben preferirse las pruebas biológicas que no sean invasivas y que no representen ningún riesgo para la salud del trabajador.
- d) Deben practicarse con el debido consentimiento informado del trabajador.
- e) Deben realizarse cumpliendo las normas profesionales más estrictas.

Fig.1. Relación entre control biológico, control ambiental y vigilancia de la salud



Y más específicamente para el médico del trabajo:

- a) Debe buscar de manera permanente la aplicación de los principios bioéticos fundamentales en la práctica del control biológico.
- b) Debe buscar constantemente la información técnica y científica más reciente sobre los indicadores biológicos de exposición más sensibles y específicos que estén validados a nivel internacional y promover su aplicación y uso.
- c) Deben permitir, facilitar y brindar la información a los trabajadores a través de un lenguaje claro, sencillo y objetivo, sobre el valor de los resultados obtenidos con el objeto de que los trabajadores sean conscientes del riesgo cuando este se llegue a detectar con el fin de que tomen las medidas de prevención y de control adecuadas.
- d) Los empleadores deberán estar siempre informados y asesorados sobre las medidas de protección que deben ser aplicadas en función de los resultados, para preservar la salud de los trabajadores, solicitando la opinión de otras disciplinas si fuera necesario.

### ***Criterios económicos***

**La obligatoriedad de la realización del control biológico y el resto de actividades preventivas generan unos gastos económicos que debe asumir la empresa. No serán los criterios económicos los que determinen la práctica de estas actividades, pero es un factor que no se puede menospreciar.**

**Actualmente es de uso común la aplicación de factores económicos en la práctica médica habitual mediante el concepto de coste/beneficio en el momento de aplicar técnicas diagnósticas y terapéuticas. Del mismo modo sería importante generar herramientas que permitan establecer una relación entre el riesgo de exposición y el coste que genera. Esto supondría una vía más de comunicación con el empresariado de cara a una mayor implicación por parte de este en las diferentes actividades preventivas.**

**Una correcta indicación del control biológico y su realización cuando es realmente útil puede generar ahorro a la empresa. Una lectura incorrecta de los resultados puede dar lugar a la toma de unas medidas preventivas que no serían necesarias por parte de la empresa con el gasto que eso conlleva.**

**En la revisión realizada sólo en uno de los artículos se cita el concepto de gasto por unidad de riesgo<sup>10</sup>, pero no está convenientemente desarrollado.**

## **RECOMENDACIONES.**

Como hemos visto, la interpretación del control biológico es sumamente compleja por la cantidad de factores por los que puede verse afectada. Aunque el médico del trabajo deba poseer una visión general del proceso, es importante una estrecha colaboración con el higienista desde el inicio del proceso, realizando una planificación, una interpretación y unas conclusiones adecuadas y acordes con los objetivos marcados.

Sólo se realizará control biológico si existe un valor límite de referencia validado y si queremos aplicar una medicina del trabajo basada en evidencia científica, los únicos válidos son los generados por el INSHT.

**Es necesario que el médico del trabajo tenga unos mínimos conocimientos toxicológicos de las sustancias a las que están expuestos sus trabajadores y debe ser informado ante la introducción de una nueva sustancia en el proceso productivo.**

**El médico del trabajo deberá tener una detallada historia clínica y laboral de los trabajadores que están siendo analizados, para detectar posibles patologías, exposiciones anteriores o simultáneas en otro puesto de trabajo que puedan alterar los resultados obtenidos o detectar trabajadores sobre los que se deba tener una especial vigilancia.**

La realización del control biológico debe estar dotada de recursos económicos, no sólo para su realización, también para tomar las medidas de protección adecuadas si fuera necesario. Por otro lado el uso de técnicas analíticas cada vez más precisas para detectar menor cantidad de sustancia, incrementa el coste de su realización<sup>12</sup>.

De igual forma que es importante el uso de un lenguaje común entre el médico del trabajo y el higienista, sería importante generar herramientas que permitan una buena comunicación entre estos y el empresariado.

Para concluir, los dos grandes retos a los que se enfrenta el control biológico en la actualidad son el desarrollo de nuevos valores de referencia para sustancias que no lo poseen y considerar un factor tan importante como la exposición múltiple laboral a la hora de generarlos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

1. Obiols J. Control biológico de los trabajadores expuestos a contaminantes químicos. 1era ed. Barcelona: INSHT, 1998.
2. Angerer J, Ewers U, Wilhelm M. Human biomonitoring: state of the art. *Int J Hyg Environ Health*. 2007 May;210(3-4):201-28
3. Obiols J, Guardino X. NTP 586: Control biológico: concepto, práctica e interpretación. Barcelona: INSHT, 2003.
4. Desoille H, Tara S, Vacher J. Importance of regular blood tests in workers exposed to lead poisoning. *Arch Mal Prof*. 1952;13:59-85.
- 5 Boogaard PJ. Human biomonitoring activities--programmes by industry. *IntHyg Environ Health*. 2007 ; 210:259-61. Epub 2007 Feb 1.
6. Essential BAT Value Documentations. DFG. Weinheim. Wiley-Vch; 2006
7. INSHT. Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2009. Disponible en:  
[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Valores\\_Limite/LEP2009%20.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Valores_Limite/LEP2009%20.pdf).
8. INSHT. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con agentes químicos. Madrid. INSHT; 2001.
9. Viau C. Biomonitoring in occupational health: scientific, socio-ethical, and regulatory issues. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2005;207(2 Suppl):347-53.
10. Manini P, De Palma G, Mutti A. Exposure assessment at the workplace: implications of biological variability. *Toxicol Lett*. 2007;168(3):210-8.
11. Robert Lauyers. Control biológico. In: OIT. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo 3ed. Disponible en:

---

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo1/27.pdf>

12. Viau C. Biomonitoring in occupational health: scientific, socio-ethical, and regulatory issues. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2005;207(2 Suppl):347-53.
13. Manini P, Mutti A, Folesani G, Catalani S, Apostoli P. Data quality and the interpretation of biological monitoring results]. *G Ital Med Lav Ergon*; 26:324-30.
14. Nota Técnica MTSVVS03. Contaminantes químicos. Vigilancia biológica de la exposición. Barcelona: Mutual Cyclops, 2004.
15. REAL DECRETO 374/2001. Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo (BOE número 104 de 1/5/2001).
16. Harrison M. Applying bioethical principles to human biomonitoring. *Environ Health.* 2008;7 Suppl 1:S8.
17. Mercado F. Bioética en la práctica del monitoreo biológico de la exposición química laboral. *Rev Latinam Salud Trab.* 2003;1:25-29.