

La importancia de los Indicadores Biológicos de Exposición (BEI) para el higienista

Dr. Carlos Colángelo 2021

Resumen

Los biomarcadores son parámetros biológicos que proveen información sobre el estado normal o patológico de un individuo o una población, y son utilizados para la comprensión de diferentes enfermedades en variados aspectos, pero principalmente en la medición de riesgo ambiental y laboral. Los medios biológicos en los que se puede determinar la presencia de los marcadores biológicos de exposición laboral están muy relacionados con las vías de entrada, distribución y eliminación de cada compuesto, así como con su naturaleza química.

El uso de biomarcadores en la toxicología humana y ambiental tiene como principales objetivos medir la exposición a los agentes xenobióticos que producen enfermedades y predecir la respuesta tóxica que podría ocurrir, esto ha permitido el aumento de la exigencia de: requerimientos en la regulación para el desarrollo de medicamentos, pesticidas y otros compuestos que pueden producir efectos adversos en la salud humana, además de mayores acciones en salud ocupacional.

Introducción

En la Resolución MTESS 295/03 de la República Argentina, es posible encontrar para muchas sustancias químicas a los indicadores biológicos de exposición como BEI, por sus siglas en inglés de Biological Exposure Indices.

Los BEI están relacionados con la Toxicología debiendo primero dar un concepto de la misma, que, en una primera aproximación, se puede definir como la ciencia que estudia los venenos, pero esta queda incompleta porque deja de lado aspectos de fundamental importancia como las secuelas, los mecanismos de

acción, entre otros que deberían ser mencionados. La toxicología deriva de la palabra toxikon que se puede relacionar con un veneno en punta de flecha o en punta de lanza.

Una definición más completa y que incluye todas las consideraciones que relaciona a los compuestos químicos pueden producir alteraciones patológicas, que pueden producir secuelas o que el sujeto expuesto pueda tener sobrevida con total normalidad o lamentablemente puede llevar a la muerte y estudia también cuáles son los mecanismos de acción, cuáles son los sistemas para contrarrestarla - que pueden ser antídotos que actúan sobre el veneno o antagonistas que actúan directamente sobre los efectos negativos -, y también los procedimientos para identificar las sustancias químicas y cuantificarlas, analizar cuál es su grado de toxicidad y ampliando un poco más como llega a moverse en el medio ambiente. Vemos pues, una construcción más amplia de los alcances de la Toxicología.

¿Cómo podemos valorar la exposición de una sustancia química?

Habiendo explicado un poco qué es la toxicología vamos a formular algunas preguntas.

¿Cómo podemos valorar la exposición de una sustancia química?

Uno podría valorar la exposición a través del análisis luego de haberse producido una intoxicación crónica o una intoxicación aguda. En la figura 1 se puede ver del lado izquierdo la gráfica que corresponde a una intoxicación aguda, una única exposición. Vamos a tener la aparición de la

sintomatología en menos de 24 horas con una dosis muy alta. Mientras que la intoxicación crónica va a ser en exposiciones repetitivas y va a aparecer la sintomatología a lo largo de muchos meses o años de exposición con cantidades pequeñas que se van incorporando.

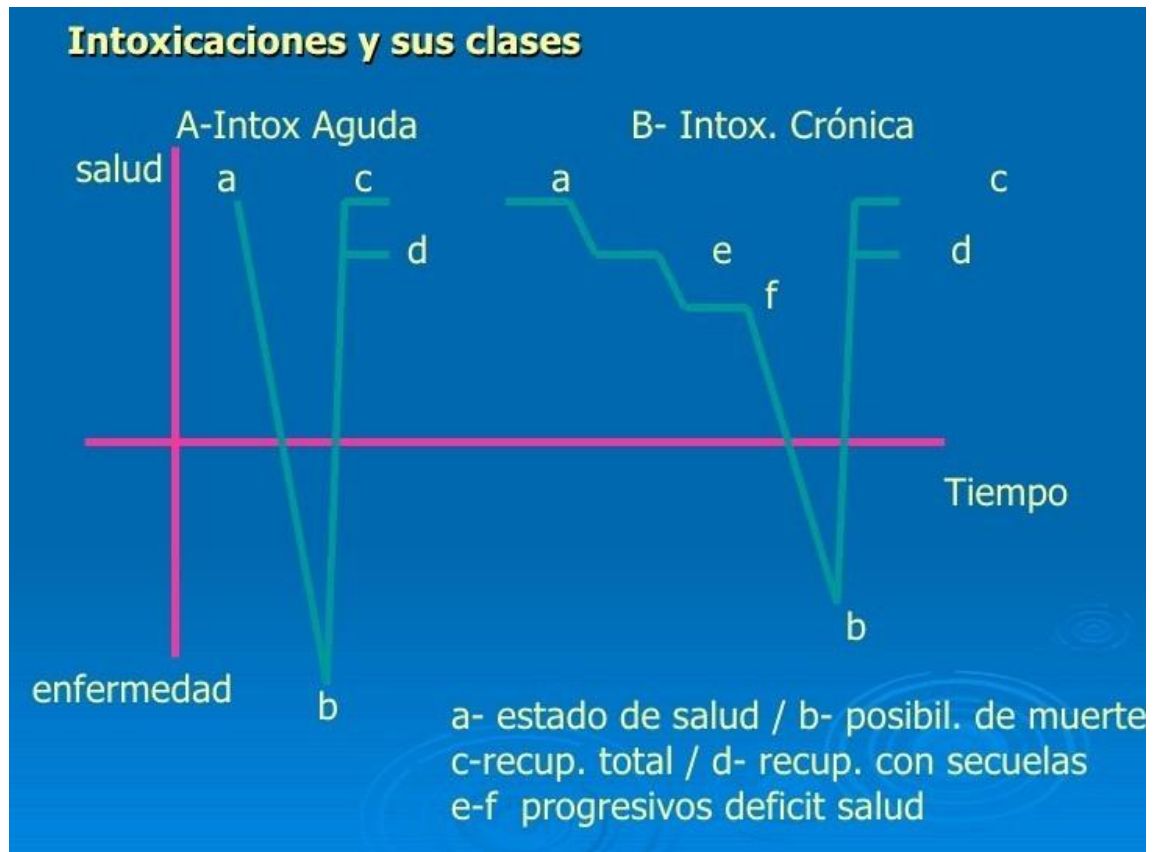


Figura
1

Pero evidentemente valorar la toxicidad o la exposición de una sustancia química a través de la manifestación de la sintomatología crónica o aguda no es algo que pueda realizar desde el punto de vista de la higiene y la preservación de la salud porque la exposición ya está instalada; evidentemente no puedo utilizar estos criterios para ese propósito, o sea, el preventivo.

Por otra parte nos preguntamos: ¿podemos utilizar la dosis letal 50 (DL50)? Se trata de otro concepto interesante que nos va a dar la cantidad de sustancia capaz de producir la muerte de la mitad de un lote de experimentación y cuanto más alto es el valor de la DL50 para un compuesto químico mucho más segura es la sustancia y, al contrario, cuanto más baja, mucho más peligrosa es. Pero evidentemente tampoco da información sobre lo que sucede a priori, durante la exposición misma, porque puede manifestarse la sintomatología para producir una intoxicación crónica o aguda, estando en el mismo problema de la validez de utilizar o descartar esta indicación como una medida de la exposición

Surge otra pregunta acercándonos a conceptos del higienista y es:

¿Puedo utilizar los límites de exposición a agentes químicos los TLV o los CMP de nuestra normativa?

La resolución 295/2003, tiene como propósito protegernos de la exposición a sustancias químicas en el lugar del trabajo, en el laboratorio o en la industria, y tenemos para eso el anexo IV donde se refiere a las sustancias químicas. Allí se define que las concentraciones máximas permisibles (CMP) son valores de referencia para el trabajador expuesto durante todos los días de su vida laboral y donde no va a sufrir efectos adversos sobre su salud para la mayoría de los trabajadores, porque también puede haber variaciones individuales, y conceptúa también todo lo que es exposición por agentes químicos que pueden ingresar por vía inhalatoria. Por otro lado, uno puede encontrar como observación dentro de la tabla del citado Anexo que algunas sustancias tienen la particularidad de ser absorbidas por vía cutánea, lo que quiere decir que el vapor de las sustancias podría penetrar a través de áreas desprotegidas de la piel y esto haría que sume el valor de la exposición de la sustancia química. En ese caso, vamos a encontrar que, esas sustancias con este perfil de ser absorbidas por vía cutánea, van a tener indicación de ingresar por vía dérmica. En las tablas del Anexo IV de la Resolución 295/03 algunos compuestos con esa particularidad las encontraremos aclaradas como v.d. es decir que se incorporan por vía dérmica.

Los BEI como opción

Pero no va a tener ninguna información de otra posibilidad de ocurrir otra vía de incorporación, surgiendo la siguiente pregunta:

¿Podemos utilizar los Indicadores Biológicos de Exposición (BEI) como mejor opción?

¿Podemos usar éstos solos o podemos sumar a otras consideraciones que estuvimos respondiendo anteriormente?

A esas preguntas le añadiremos:

¿Cuál es el concepto, la idea que uno tiene de lo que es un marcador biológico de exposición?

A los BEI también se los conoce como determinantes o indicadores biológicos de exposición. Como el propio compuesto químico tal cual ingresó, por ejemplo, entra plomo y sale plomo por orina, ese compuesto que no se ha modificado lo puedo utilizar como indicador biológico de exposición y puedo aplicar como matriz

biológica de análisis a la orina. Algunos compuestos químicos al ingresar dentro del organismo se biotransforman; por ejemplo, el benceno que puede penetrar por vía dérmica o inhalatoria se va a biotransformar en fenol y se encontrará en orina con su mayor carácter de solubilidad en agua. A ese fenol en orina lo puedo utilizar como un indicador biológico de exposición o bien compuestos que se pueden conjugar con ciertos aductos endógenos dentro del organismo como el glutatión reducido u otros compuestos derivados del ácido glucurónico que pueden por ende ser medidos y cuantificados. Como también la inhibición de algunas enzimas como el caso de la exposición a plomo o bien la exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos pesticidas, donde voy a poder medir la disminución de la actividad de la enzima delta amino levulínico dehidratasa para el plomo – porque interfiere el metabolismo de las porfirinas - y para la enzima acetilcolinesterasa en el caso de pesticidas organofosforados o carbamatos. Para el caso del plomo, se ve que algunos precursores aumentan su

concentración porque algunas enzimas que participan de los pasos subsiguientes son inhibidas. Se tienen varias alternativas de utilizar distintas mediciones, ya sean diferentes tipos de fluidos biológicos que van a ser de interés dentro de lo que es la exposición a sustancias químicas. Por supuesto esta definición o este concepto no aplica a una sustancia como el ácido sulfúrico o la soda cáustica o el hidróxido de potasio que pueden producir daños locales como irritación o alguna otra sustancia que puede producir daño respiratorio porque no se van a manifestar en el tránsito a encontrarlos ya sea distribuidos en sangre o bien pasar a través de la filtración glomerular¹ y encontrarlos en orina o en aire exhalado; no tiene una aplicación a la universalidad de los compuestos químicos que existen en el ambiente de trabajo. Si se dice que se quieren utilizar indicadores biológicos de exposición para todo tipo de sustancia, ello no es posible ya que hay algunas restricciones para las que producen quemaduras, necrosis, etcétera a nivel de piel o músculo y/o las que producen daño a nivel respiratorio, por lo cual esas sustancias quedan excluidas. Después vamos a ver que hay otras características que también lo hacen interesante para ver cuál elegir como potencial sustancia o metabolito o la propia sustancia acorde a la metodología y análisis.

Los especímenes biológicos

Habiendo conceptualizado sobre qué es el Indicador Biológico de Exposición, otra pregunta es:

¿Qué especímenes biológicos puedo emplear para analizarlos y tratar de encontrarlos?

Deben analizarse cuáles son las vías de entrada del compuesto, cuál es la distribución y cómo se elimina cada compuesto y también cómo es su propia naturaleza química. Los especímenes biológicos que se pueden emplear para el análisis van a poder ser por ejemplo sangre, orina, aire exhalado. Vamos a ver ahora el por qué de las razones de cada una de estas elecciones que nosotros vamos a tomar como determinantes biológicos, qué especímenes biológicos se utilizarán. Fíjense que en el concepto que estamos viendo al principio, la primera frase está refiriéndonos que está relacionado con las vías de entrada, las CMP están relacionadas con la vía inhalatoria y acá estamos analizando todas las posibles vías de entrada. Tiene un valor agregado el utilizar especímenes biológicos para la determinación de los indicadores biológicos de exposición si no considero también en relación al uso de las concentraciones máximas permitidas en aire.

Volviendo a los especímenes biológicos, la sangre, ¿por qué elijo la sangre? Porque constituye un vehículo de transporte de los compuestos químicos, se distribuye y llega a los distintos órganos y tejidos por una razón fundamental que es la irrigación sanguínea, el aporte de oxígeno y de los procesos de la respiración celular. La sangre a transportar también tiene enzimas propias que va a ir transformando al compuesto químico hasta la llegada al órgano o tejido a través de este medio; por

¹ Proceso por el cual los riñones filtran la sangre, eliminando el exceso de desechos y líquidos.

lo tanto, cuando uno toma una muestra de sangre tiene una probabilidad altísima de encontrar una sustancia química tal cual ingreso o sus metabolitos. Por otro lado, la orina, el otro espécimen del que habíamos hablado, la cual es fácil de recoger, se puede obtener en gran volumen y desde el punto de vista analítico es mucho más sencilla la manipulación por no tener proteínas ni otros compuestos que pueden ser una discordia al momento del tratamiento analítico para la determinación que se realiza en el laboratorio; la orina se obtiene por una técnica no invasiva. La otra alternativa que se tiene es utilizar el aire exhalado a través del pulmón donde se puede recoger a través de una bolsa de características que no permita la difusión y la ulterior pérdida del agente volátil recogido. Generalmente en el mundo laboral la gente dice se quiere soplar la bolsa; el aire exhalado por ser el más rápido, más sencillo, no hay que pinchar el brazo, no tienen que obtener muestra de orina, pero lo queremos que explicar a la gente, al profesional y al técnico que está trabajando y le tenemos que hacer la extracción de algún espécimen biológico, que el aire no va a servir para todo, va a servir para compuestos que sean exclusivamente volátiles.

Por ejemplo, si debe valorarse benceno - que es una sustancia volátil - servirá el empleo del aire exhalado, lo mismo si debe estudiarse la exposición a nafta y tomar una muestra del mismo tenor que el expresado para benceno. Por otra parte, si debe estudiarse la exposición a plomo o arsénico, al no ser compuestos volátiles no servirá el empleo del aire exhalado. Resumiendo lo expuesto, debe conocerse la naturaleza del compuesto para seleccionar que matriz biológica que se empleara.

Otra nueva pregunta que surge es:

¿Estas son las únicas matrices biológicas potencialmente utilizables?

Se puede emplear sangre, y con unos pocos mililitros de sangre se puede trabajar cómodamente. Otros especímenes potencialmente utilizables para ser empleados como Indicador Biológico de Exposición son por ejemplo el aire exhalado y la orina, como también las uñas, el pelo pericraneal o sea el pelo de la cabeza, el que va a poder servir incluso el tiempo de consumo hasta de drogas de abuso y hacer un control dentro del ambiente de trabajo si hay o no consumo de drogas de abuso, es decir hacer cronología de consumo.

Existen gran cantidad de innovaciones tecnológicas instrumentales, que permiten en muchos casos determinar, por ejemplo, con técnicas de espectrofotometría de absorción atómica y el empleo de horno de grafito que se aplica para el análisis de metales como así también la espectrometría de masas acoplado al plasma de argón inducido para el análisis de metales, que son métodos que permiten determinar concentraciones extremadamente bajas ya que el objetivo del Indicador Biológico de Exposición es tratar de determinar la concentración más baja posible para que exista el potencial de la detección temprana y que uno pueda estar evaluando antes de la instalación de la problemática sobre la salud que puede causar el compuesto químico. Para compuestos de carácter orgánico, las técnicas más utilizadas siguen siendo la cromatografía líquida, la cromatografía gaseosa asociada a la espectrometría de masas que da también una posibilidad de determinar concentraciones extremadamente bajas, del orden de las partes por billón o por trillón del

compuesto, sumado a las técnicas de trabajo de preconcentración y preparación de muestras como la extracción en fase sólida, el espacio cabeza para compuestos volátiles para cromatografía gaseosa que permiten utilizar cantidades de muestra muy pequeños.

Los biomarcadores tienen potencial para ser utilizados, por ejemplo, para detectar una exposición; ese es uno de sus objetivos principales, determinar las consecuencias biológicas de exposición. Puede utilizarse para detectar estados iniciales o intermedios de un proceso patológico, identificar a los individuos que son más sensibles de una población respecto de los que son más duros para reaccionar y manifestarse; esos individuos más sensibles los puedo encontrar con el uso de estos indicadores biológicos de exposición a concentraciones más bajas y ya manifestando alguna sintomatología donde otro grupo donde va a necesitar mayor concentración no va a expresar ningún tipo de expresión de enfermedad frente a la presencia de la sustancia química. Y también será de utilidad para tomar niveles de intervención a nivel individual o nivel colectivo. Los sujetos más sensibles se enferman rápidamente, lo que puedo hacer es retirarlos del ambiente porque sé que a menor concentración van a ser los primeros que van a manifestar alguna patología, lo que hago después también como otra alternativa de trabajo, si todos los trabajadores tienen problemas de ser extremadamente sensibles, podré pensar en una intervención de tipo ambiental, pudiendo preguntarme: ¿tendré que aumentar el número de renovaciones de aire? Sirve también para tomar ese tipo de decisión. Y por supuesto, que también es interesante pensar en cómo se va a hacer

el muestreo, tengo que considerar algunas cuestiones, las sustancias que voy a elegir o la variación enzimática o el cambio fisiológico que puede haber como la disminución de una actividad enzimática, ¿es específico para esa sustancia que quiero poner en tela de juicio y decir es el responsable de esa variación?, debo asegurar que el Indicador Biológico de Exposición que emplee sea específico y sensible para determinar las concentraciones más bajas posibles. Tengo que ver la dificultad de muestreo, es decir qué voy a utilizar orina o sangre cuándo voy a hacer el muestreo, esto se refiere a la cinética, cuándo se forma, voy a tener que pensar que, si tengo una sustancia volátil en el cúmulo de los días de semana, quizás el viernes sea mejor día para tomarlo y no el lunes, ya que el sábado y domingo la persona vuelve a valores quizás de base y no da ninguna expresión de lo que se está buscando. Debe considerarse cuando la muestra biológica o el espécimen biológico se tomó y cuando el laboratorio lo va a analizar, y aquí cabe preguntarse qué estable es el biomarcador desde que se tomó y el laboratorio lo analiza; es otra pregunta que también debo tener en cuenta. Acá tenemos los otros indicadores que hablé anteriormente, uña y pelo que ya hice los comentarios.

Los BEI y la normativa

Tenemos las sustancias químicas, las dosis, las vías de exposición diferente, intoxicación crónica y aguda, la aparición de la sintomatología, en definitiva, lo que quiero es utilizar los indicadores biológicos para ver si hay alguna exposición más allá de todos los recaudos que estoy tomando. Nos preguntamos ahora acerca de los aspectos normativos y básicamente hablamos de la resolución 295/2003 tomando de las tablas que figuran en esta

resolución donde tenemos tabla de concentración con máximos permitidos, vamos a ver que en la parte de anotaciones es posible observar el término BEI por ejemplo, lo que está indicando que esta sustancia tiene el potencial de utilizar Indicadores Biológicos de Exposición. Pero debe considerarse que la normativa no dice absolutamente nada ni de valores ni de cuál es el mejor

espécimen biológico, y si se utilizará la sustancia como tal o sus metabolitos. Considero en lo personal que esta normativa requiere una actualización y una ampliación para decir qué otras sustancias más de las que figuran en esta resolución tienen Indicadores Biológicos de Exposición para poder ser empleados, cuáles son esos Indicadores y dar una información un poco más amplia.

En nuestro medio existe una publicación realizada por la Superintendencia del Riesgo de Trabajo, un libro de Toxicología Laboral que se puede descargar gratuitamente de internet de la página de la institución aludida, cuyo título es **Criterios para el monitoreo de los trabajadores expuestos de las sustancias químicas peligrosas** siendo sus autores Nelson Albiano y Edda Villaamil Lepori, que han hecho una actualización de este libro ya que esta es la segunda actualización del año 2015 que da aspectos y pautas de trabajo netamente concretas.

En la figura 2, y en la parte superior que refiere al metanol o alcohol metílico, indica cuál es el biomarcador, cómo recoger la muestra y el volumen mínimo a emplear para hacer el análisis; fíjense que acá ya indica con propiedad cuál es el biomarcador, que muestra emplear, cual es el volumen mínimo, la estabilidad de la muestra recogida (con más detalle en este caso la muestra de orina refrigerada a 4 grados en una semana se mantiene y en freezer hasta 3 meses), el método de análisis, que es con detector de ionización de llama, y cuál es el valor de referencia, el cual es menor a 15mg/L según la información de la Conferencia de Higienistas (ACGIH) del 2015 que hoy día incluso está vigente ya la versión 2020.

Exposición a:	Biomarcador	Muestra	Volumen mínimo
Metanol (Alcohol metílico)	Metanol en orina.	Orina Recoger una micción de orina emitida espontáneamente al final de la jornada de trabajo.	No menos de 20 ml.
Metil-etil-cetona	Metil-etil-cetona en orina.	Orina Recoger una micción de orina emitida espontáneamente al final de la jornada de trabajo.	No menos de 20 ml.
Metil-isobutil-cetona	Metil-isobutil-cetona en orina.	Orina Recoger una micción de orina emitida espontáneamente al final de la jornada de trabajo.	No menos de 20 ml.

Figura 2

Otras probabilidades de obtener información complementaria serán por ejemplo el empleo de los límites de exposición profesional para agentes químicos en España del año 2019 (ver Figura 3). Se toma el mismo agente químico en la parte superior de la tabla (metanol), en la que se

N° CE	N° CAS	AGENTE QUÍMICO (año de incorporación o de actualización)	INDICADOR BIOLÓGICO (IB)	VALORES LÍMITE VLB®	MOMENTO DE MUESTREO
200-659-6	67-56-1	Metanol	Metanol en orina	15 mg/l	Final de la jornada laboral (2)
209-731-1	591-78-6	Metil-n-butilcetona (2008)	2,5- Hexanodiona en orina	0,4 mg/l	Final de la semana laboral (1)
201-159-0	78-93-3	Metiletilcetona	Metiletilcetona en orina	2 mg/l	Final de la jornada laboral (2)
203-550-1	108-10-1	Metilisobutilcetona (2013)	Metilisobutilcetona en orina	1 mg/l	Final de la jornada laboral (2)
212-828-1	872-50-4	N-Metil-2-pirrolidona (2015)	2-hidroxi-N-metilsuccinimida en orina	20 mg/g creatinina	Antes de la jornada laboral (6)
			5-hidroxi-N-metil-2-pirrolidona en orina	70 mg/g creatinina	Entre 2 y 4 horas después del final de la exposición
203-713-7	109-86-4	2-Metoxietanol (2012)	Ácido metoxiacético en orina	8 mg/g creatinina	Final de la semana laboral (1) después de al menos 2 semanas de trabajo

Figura 3

refiere que el indicador biológico es el metanol en origen y el valor límite es de 15mg/L también.

Nos preguntamos:

¿Qué conocimiento se necesita tener para aplicar el uso de los BEI?

Primero, saber cómo se transforma un xenobiótico, por eso indicaba al principio del artículo que esto era campo de la toxicología para saber cuáles son los metabolitos que deben investigarse en el caso de que la sustancia sufra biotransformación y luego conocer en qué parte del organismo se encontrará. Esto llevará a considerar si deben que tomarse muestras de sangre, de orina, de pelo y también saber el porcentaje de metabolito que se va a formar a través de las rutas metabólicas, con distintos porcentajes de formación, debiendo conocer estas vías para saber cuál es el que se forma con mayor porcentaje para tratar de tomar aquel que se forme con mayor concentración pero también que haya una técnica analítica que lo respalde, que sea apropiada y lo suficientemente sensible como para detectar las concentraciones más bajas posibles y estar siempre debajo de esos valores

indicados de los BEI para decir que estos son valores de base. Los métodos de medición disponibles también deben de tener en cuenta para ver si el laboratorio donde se lleva la muestra tiene desarrolladas las metodologías que se necesitan, cuándo se tomará de muestra a la población laboral, esa es otra pregunta que debe hacerse para qué día de la semana, en qué momento es el indicado porque se ha formado el compuesto a través del metabolito y esto necesita un tiempo por eso hablamos de la cinética de formación, y el almacenamiento de la muestra mientras esperan llegar al laboratorio. Si por ejemplo, el metabolito que se seleccionó tiene la posibilidad de evaporarse, alterarse, etc. y debe tenerse mucho cuidado que no haya contaminación con los elementos de la sala que hagan la extracción o alguna contaminación por parte de la ropa por ejemplo del trabajador que le estamos extrayendo la muestra, esto también es muy importante tenerlo en cuenta.

Los BEI permiten integrar las vías de entrada, no solo evaluar si hubo una entrada por vía inhalatoria, sino también, si hubo una entrada por vía dérmica, si hubo una entrada por vía digestiva, integrará absolutamente todo. El control biológico es complementario del control ambiental, y de esta forma lo va a estar confirmando porque va a comprobar la eficacia de los equipos de protección, determinar la absorción por otras vías y la exposición no laboral. En un caso de otro colega en una empresa de fabricación de baterías detectaron que estaba todo bien en casi todos los trabajadores pero que había dos de ellos a los que les daban valores de plomo alto en sangre y llamaba mucho la atención. Con charlas que tuvo con la gente, se concluyó que fabricaban baterías caseras sin condiciones óptimas laborales; sin los medios adecuados de exposición incorporaban plomo y pudieron determinar que había una exposición de carácter no laboral. También puede poner de manifiesto las variaciones individuales en la velocidad de absorción y en la aparición de la sintomatología y menor o mayor concentración de los distintos individuos de una población laboral. En salud ocupacional sirve muchísimo para lo que es la prevención de las enfermedades laborales.

Algunos inconvenientes que tiene el empleo de los BEIs, es que no siempre se sabe si esa sustancia que se midió en el material biológico está reflejando una exposición actual o acumulativa, el

resultado de los BEIs puede indicar la existencia o no de la sobreexposición pero no indica si hay daños en la salud, se necesitarán otros estudios complementarios. Y aparte de eso, la legislación ambiental no establece valores de BEI, solamente va a mencionar algunos compuestos con la posibilidad de su empleo y para obtener más información debe remitirse a otras evidencias nacionales como el manual de Toxicología de Albiano y Villaamil Lepori y referencias internacionales como la Guía ACGIH del 2020 con valores actualizados. La falta de actualización de la normativa llama a convocar a que sea modificada en los valores y los criterios para poder ubicar correctamente al higienista.

A pesar de lo citado en el párrafo anterior, en la Resolución 295/03 se citan los BEI, donde específicamente expresa: *"... cuando también se recomienda esta determinación para la sustancia en concreto. Se debe establecer el control biológico para las sustancias que tengan un indicador biológico de exposición, para evaluar la exposición total proveniente de todas las fuentes, incluida la dérmica, la ingestión y la no laboral"*, es decir en la normativa aludida contiene aspectos de detección de la exposición temprana a sustancias químicas en el ambiente laboral con el fin de proteger a la salud de la población laboral y evaluar los aportes laborales y no laborales de exposición.

El autor: Carlos H. Colángelo

BIBLIOGRAFÍA

Biomarcadores para la evaluación de riesgo en la salud humana, recuperado de:
<http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v30n1/v30n1a09.pdf>

Biomarcadores en monitoreo de exposición a metales pesados en metalurgia, recuperado de:
<http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v67n1/a08v67n1>

Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Capítulo 33- Toxicología. OIT. Recuperado de:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/temo1/33.pdf>

Silbergeld EK, Davis DL (1994) Role of biomarkers in identifying and understanding environmentally induced disease. Clin Chem 40: 1363-1367.

Importante

La AHRA promueve y apoya los trabajos de reconocidos profesionales.

El presente documento es una transcripción revisada y aprobada por el autor de su disertación durante las II Jornadas de Higiene Ocupacional que organizó la AHRA durante noviembre de 2020. No representa necesariamente una posición ni una aprobación parcial o completa de la AHRA sobre lo expuesto por su autor. Se debe entender como un aporte de esta Institución al debate y discusión de los temas abarcados.

La presentación completa está disponible para los miembros de nuestra institución.



Doctor en el Área de Química y Medio Ambiente.

Licenciado en Química, Químico Forense. Especialista en Higiene y Seguridad en el Trabajo.

Experto Universitario en Toxicología.

Especialista Consultor Permanente en Toxicología. Master en Toxicología.

La actuación profesional se ha desarrollado en las Áreas Ambiental y Forense, Higiene y Seguridad en el Trabajo, Química Analítica y Radioquímica.

Químico Analítico en Comisión Nacional de Energía Atómica. Ex - Perito Químico Oficial (1993 - 2015) Laboratorio de Toxicología y Química Legal.

Suprema Corte de Justicia Prov. Bs. Aires. Vicepresidente del Consejo Profesional de Química de la Prov. de Bs As.