

# CONTROL BIOLÓGICO MEDIANTE AIRE EXHALADO EN EL SECTOR DEL CALZADO

F. Periago Jiménez / A. Morente Sánchez / A. Zambudio Vera  
G.T.P. Murcia: I.N.S.H.T.

## INTRODUCCION

La utilización de indicadores biológicos, para evaluar exposiciones laborales a contaminantes químicos, tiene cada vez más interés en programas de Higiene/Industrial como un instrumento eficaz para valorar el riesgo derivado de los mismos. También se puede ampliar su aplicación a poblaciones extralaborales que, en determinadas circunstancias, pueden estar expuestas directa o indirectamente a contaminantes químicos en aire.

Aunque tradicionalmente las determinaciones biológicas de estos compuestos o sus metabolitos se han venido realizando en sangre y orina, los componentes volátiles de los disolventes industriales son excretados en el aire exhalado, lo que puede permitir utilizar su análisis en dicho medio como un indicador biológico de exposición.

Así mismo, las determinaciones realizadas en este medio pueden suministrar una información muy valiosa acerca de la absorción, distribución y acumulación del compuesto químico en el organismo.

Entre las ventajas que ofrece el análisis de disolventes en aire exhalado se pueden citar:

- Se realiza una determinación directa del compuesto químico a investigar.
- El analito aparece rápidamente en aire exhalado.
- El método analítico puede ser idéntico al utilizado para la determinación del compuesto en aire ambiental, permitiendo la determinación simultánea de varios componentes.
- Se elimina la posibilidad de interferencias, ya que se puede considerar muy poco probable que existan progenitores ajenos al ambiente de trabajo para el compuesto a determinar, lo que no siempre se puede asegurar en las determinaciones indirectas de metabolitos.
- La técnica de muestreo no es invasiva y, por tanto, bien aceptada.

En este trabajo se expone el control biológico realizado a una población laboral expuesta a los disolventes de adhesivos de calzado, n-hexaño y tolueno, mediante la determinación de estos compuestos en el aire exhalado final.

Este control se ha llevado a cabo de forma paralela al control ambiental, determinando en cada caso la concentración de estos compuestos en aire, durante el período de trabajo inmediatamente anterior a la toma de muestra biológica.

## MATERIAL Y METODO

### Población

Se ha muestreado una población total de 180 individuos, cuya distribución por sexo, edad y peso se indican en la tabla I.

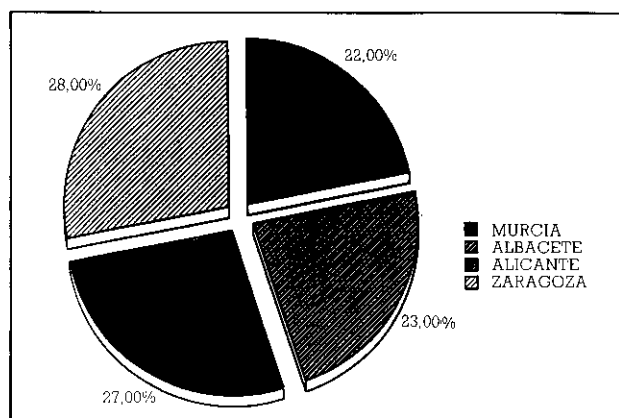
El estudio se realizó en cuatro zonas geográficas diferentes, donde hay una gran implantación de industrias de calzado, cubriendo así los distintos sistemas de trabajo, diferencias climáticas, etc.

TABLA I

Características de la Población Estudiada

Sexo	n	EDAD		PESO (Kg.)	
		Media	Rango	Medio	Rango
Varones	134	27	(16-65)	69	(49-100)
Mujeres	46	27	(20-62)	55	(46-63)

En la *Figura 1*, se recoge la distribución geográfica de la población estudiada.



**Fig. 1** Distribución geográfica de la población laboral estudiada.

## Procesos y Tareas Estudiadas

Se han estudiado todos los procesos y tareas que implicaban la utilización de disolventes de adhesivos. En la *tabla II* se especifican los diferentes procesos y tareas estudiadas así como el porcentaje de población que se muestreó en cada uno de ellos.

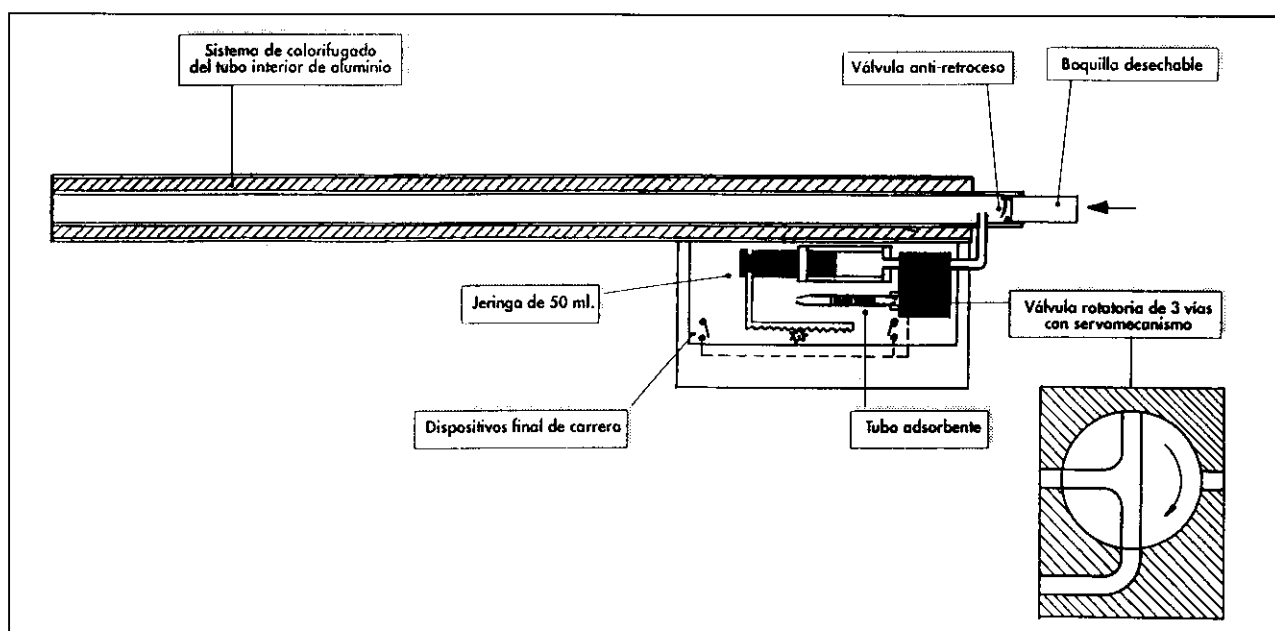
## SISTEMA DE CAPTACION DE AIRE EXHALADO

El prototipo diseñado para la captación de aire exhalado está constituido por un tubo de Haldane-Priestley modificado para poder concentrar alicuotas de aire exhalado procedentes de una o varias exhalaciones.

**TABLA II**  
Distribución de la población estudiada por procesos y tareas

PROCESO	TAREA	%
Fabricación de pisos	Aplicación de brillos, colas y tintes	1%
Guarnecido	Tintado de cantos y aplicación de adhesivos	5%
Fabricación de plantillas	Aplicación de adhesivos	2%
	Colocación de refuerzo y montaje	2%
Premontado	Colocación de topes y contrafuertes, moldeado y planchado	6%
	Tratamiento químico de suelas (Halogenado y aplicación de adhesivos en cortes y plantillas)	20%
Montado	Aplicación de adhesivos	46%
Acabados	Colocación de plantilla interior	13%
	Limpieza y quemado de hilos	3%
	Pintado y/o difuminado	2%

Tal como se describe en la *Figura 2*, el sistema está basado en la posibilidad de invertir el giro del motor que acciona la jeringa, con lo que ésta realiza alternativamente movimientos de aspiración de aire exhalado e impulsión hacia el tubo absorbente, mediante el cambio automático de posición de la válvula de tres vías.



**Fig. 2** Esquema del sistema de captación de aire exhalado.

El sistema consta de las siguientes partes:

- Tubo de aluminio de 1 m. de longitud y 26 mm. de diámetro, conectado a una boquilla para poder insertar un tubo de cartón desechable, y con una válvula que se abre al exhalar aire a través del sistema y se cierra al finalizar ésta. El tubo está calorifugado y recubierto por una camisa aislante de 15 mm. de espesor que permite mantener en el interior una temperatura de 40° - 45°.

- Válvula de tres vías conectadas a:

1. Extremo del tubo de Haldane-Priestley donde está colocada la boquilla (aproximadamente a 5 cm. de la misma).

2. Jeringa de gases de 50 ml. instalada en un sistema de cremallera que permite el llenado y vaciado automático de la misma.

3. Tubo adsorbente.

- Mecanismo de control de la válvula de tres vías que, mediante giro de la misma, permite aspirar aire exhalado del tubo y hacerlo pasar a través del adsorbente.

- Dispositivos de «final de carrera» que automáticamente invierten el giro del motor al finalizar el recorrido de la cremallera gobernando, simultáneamente, el control de la posición de la válvula de tres vías.

- Contador de carreras para poder contabilizar el número de repeticiones del proceso completo de aspiración/impulsión.

## Procedimiento

a) Muestras ambientales. —Se tomaron muestras personales con muestreadores pasivos o tubos de carbón activo y bombas de aspiración de bajo caudal. El tiempo de muestreo oscila entre 3-4 hora, coincidiendo siempre el final del período de exposición con el final de jornada de mañana o tarde.

b) Muestras de aire exhalado. —Se tomaron muestras de aire «exhalado final» o «aire alveolar», una vez terminado el turno de trabajo y en lugares alejados del mismo. Estas muestras se obtuvieron mediante la recogida de alicuotas procedentes de exhalaciones consecutivas en tubos de carbón activo. El volumen total muestreado osciló entre 1 y 1,5 litros por muestreo; de terminando en ellas n-Hexano y Tolueno.

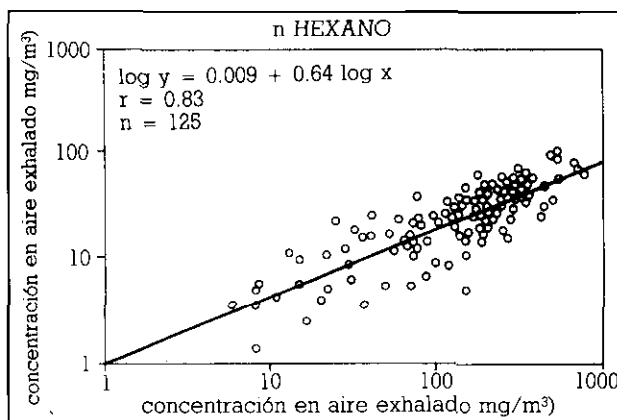


Fig. 3 Correlación lineal entre la concentración de n-hexano en aire exhalado y ambiental.

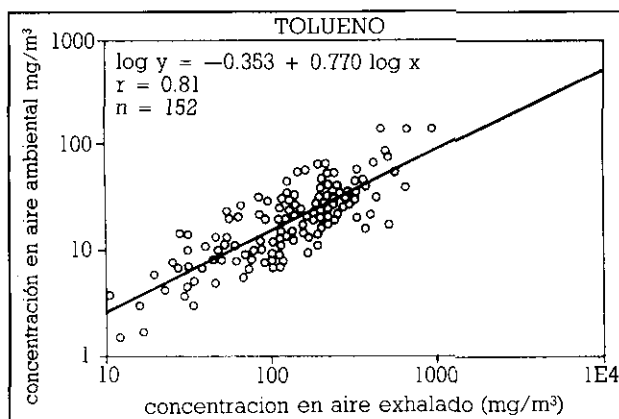


Fig. 4 Correlación lineal entre la concentración de tolueno en aire exhalado y ambiental.

Se realizaron 125 determinaciones de n-hexano y 152 de tolueno, en aire exhalado.

En todos los casos se realizaron determinaciones de la concentración ambiental de ambos contaminantes.

Las muestras ambientales y de aire exhalado se analizaron por cromatografía de gases, previa desorción con sulfuro de carbono.

## RESULTADOS

En las *tablas III y IV*, se indican los intervalos de concentración y valor medio hallados para cada indicador, en ambos casos se ajustaron los valores obtenidos de las muestras ambientales y biológicas mediante regresión lineal. En las *Fig. 3 y 4*, se indican la ecuación y coeficiente de regresión obtenidos en cada caso.

**TABLA III**  
n-Hexano en aire exhalado

	n-Hexano (CA)	n-Hexano (AE)
Valor medio	195,7 mg/m <sup>3</sup>	29,8 mg/m <sup>3</sup>
Valor máximo	780,0 »	101,5 »
Valor mínimo	5,8 »	1,4 »
n = 125		

(CA) = Concentración ambiental  
(AE) = Concentración en aire exhalado  
n = Número de individuos muestreados

**TABLA IV**  
Tolueno en aire exhalado

	Tolueno (CA)	Tolueno (AE)
Valor medio	178,8 mg/m <sup>3</sup>	25,7 mg/m <sup>3</sup>
Valor máximo	973,3 »	144,0 »
Valor mínimo	10,3 »	1,5 »
n = 152		

(CA) = Concentración ambiental  
(AE) = Concentración en aire exhalado  
n = Número de individuos muestreados

**TABLA V**  
Porcentaje de trabajadores que superan los límites ambientales y biológicos.

	n-Hexano	Tolueno
Trabajadores que superan el límite ambiental	36,1%	7,2%
Trabajadores que superan el límite biológico calculado	46,4%	13,3%
Trabajadores que superando el límite ambiental, superan también el biológico	76,6%	66,6%

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

Las correlaciones obtenidas entre las concentraciones de n-hexano y tolueno en el aire exhalado de trabajadores expuestos, determinadas al final del período de exposición y la concentración ambiental a que estuvieron expuestos en el período de trabajo inmediatamente anterior, presentan una elevada significación estadística, 0,83 ( $p > 0,001$ ) para el n-hexano y 0,81 ( $p < 0,001$ ) para el tolueno. Campbell y cols (6), obtienen una correlación similar ( $r = 0,88$ ) para el tolueno, utilizando un espectrómetro de masas; además, los valores estimados de concentración en aire exhalado que se obtienen a partir de las respectivas rectas de regresión para una concentración de 178 mg/m<sup>3</sup> (valor medio

hallado en nuestra población), resultan ser de 25,1 mg/m<sup>3</sup> según Campbell y 23,9 mg/m<sup>3</sup> según nuestra recta.

En el caso de n-hexano los valores obtenidos por Mutti y cols (7), tras finalizar una exposición a 250 mg/m<sup>3</sup>, oscilan entre 33-43 mg/m<sup>3</sup>, y el obtenido a partir de esa concentración ambiental, en nuestra recta de regresión, sería de 35mg/m<sup>3</sup>, muy próximo a estos valores.

De acuerdo con las ecuaciones de regresión, los límites biológicos correspondientes al valor límite ambiental para n-hexano y tolueno, serían 28,3 mg/m<sup>3</sup> y 42,5 mg/m<sup>3</sup> y 42,5 mg/m<sup>3</sup> respectivamente.

En función de los criterios de valoración ambiental y biológicos, se puede obtener el porcentaje de trabajadores que superan cada uno de ellos, referidos al número de individuos muestreados en cada caso, como se expone en la *Tabla V*.

Para ambos contaminantes, los porcentajes de población que superan los límites biológicos en aire exhalado son superiores a los que superan los límites ambientales.

Así mismo, el porcentaje de individuos que, superando el límite ambiental, también superan los límites biológicos, es bastante elevado, oscilando entre el 76 y 66%.

De todo lo expuesto se deduce que este control biológico es un instrumento muy eficaz para detectar y contribuir a valorar exposiciones laborales a estos disolventes, ya que nos puede suministrar información adicional sobre la respuesta biológica y grado de impregnación, lo cual es particularmente importante cuando se pueda producir una acumulación en el tejido graso, como es el caso que nos ocupa.

## BIBLIOGRAFIA

1. MANOLIS A.  
*The diagnostic potential of breath analysis*  
*Clin. Chem.* 29, 5-15, 1983
2. PERIAGO F.  
*El espécimen biológico aire exhalado: bases fisiológicas, metodología y utilización.*  
*XI Congreso Nacional de Medicina, Higiene y Seguridad en el Trabajo, Madrid, 1987*
3. WILSON H.K.  
*Breath analysis, physiological basis and sampling techniques*  
*Scand. J. Work, Environ Health* 12, 174-192, 1986.
4. KELMAN G.R.  
*Theoretical basis of alveolar sampling*  
*Br. J. Ind. Med.*, 39, 259-264, 1982
5. PATTY'S INDUSTRIAL HYGIENE AND TOXICOLOGY  
*Vol 3B Theory and rationale of industrial hygiene practice: Biological response*  
*Wiley-Interscience publications.* 1985.
6. CAMPBELL L.; MARSH D.M.; WILSON H.K.  
*Towards a biological monitoring strategy for toluene*  
*Ann. Occup. Hyg.*, 31, 121-133, 1987.
7. MUTTI A.; FALZOI S.; LUCERTINI S. et al.  
*n-Hexano metabolism in occupationally exposed workers*  
*Br. J. Ind. Med.*, 41, 533-538, 1984.