

## Introducción

El proyecto, denominado *Control de los factores de riesgo derivados de la utilización de agentes químicos*, se implantó en 2007, año de inauguración de las instalaciones de la Universitat Pompeu Fabra (UPF) en el Parque de Investigación Biomédica de Barcelona (PRBB). Acogen laboratorios de biología molecular (figura 1) en los que se emplea un elevado número de sustancias químicas, entre otras, cancerígenas, mutágenas y teratógenas; se manipula cantidades relativamente pequeñas de cada una de ellas y se da una exposición variable a las mismas, en función de los ensayos que se realicen.

La finalidad del proyecto es identificar y hacer seguimiento de las condiciones de exposición a los agentes químicos empleados de forma deliberada. Para ello, se evalúa cualitativamente la exposición por inhalación y por contacto a las sustancias utilizadas por cada grupo de investigación y cuantitativamente la exposición por inhalación a sustancias concretas utilizadas en el conjunto de laboratorios. Los valores acumulados se tratan estadísticamente para valorar el riesgo de sobreexposición a una determinada sustancia y para establecer la necesidad de protección respiratoria y el factor de protección exigible.

## Metodología

### Exposición inhalatoria y dérmica (control cualitativo)

El proyecto se inició con una evaluación preliminar que se ha venido completando desde 2010 con el método de "Evaluación simplificada del Riesgo Químico", desarrollado por el Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), en colaboración con el Centre National de Protection et de Prévention.

Para ello, se han identificado los productos utilizados en los 19 laboratorios y las tareas principales en las que se manipulan cada uno de ellos para el desarrollo de los ensayos científicos. El conjunto de estas sustancias y tareas se ha jerarquizado en función de su peligrosidad potencial, de la cantidad empleada y de la frecuencia de utilización. Con ello, ambas, se clasifican de más a menos peligrosas en función de las condiciones de manipulación en cada laboratorio y esto permite priorizar la intervención. Además, se ha calculado el riesgo por inhalación y por contacto asociado a cada producto, considerando la peligrosidad potencial, la volatilidad o pulverulencia, el tipo de proceso y el empleo de la vitrina de laboratorio, la superficie del cuerpo expuesta y la frecuencia de exposición.

### Exposición inhalatoria (control cuantitativo)

Simultáneamente, desde 2008 se lleva a cabo un programa cuantitativo, que valora la probabilidad de sobreexposición por vía inhalatoria a largo plazo. Consiste en el control ambiental y el tratamiento estadístico de los valores obtenidos, con periodicidad anual.

Para ello, se programan muestreos personales, representativos y aleatorios en cada uno de los 19 laboratorios de la exposición de los empleados a las sustancias seleccionadas. Los valores de concentración obtenidos se comparan con los valores límite de exposición ambiental establecidos en cada momento, con el valor límite ambiental de corta exposición (VLA-EC) en el caso del formaldehído y con el valor límite ambiental de exposición diaria (VLA-ED) para el resto de sustancias.

Desde 2011, los valores de concentración en el aire inhalado de una determinada sustancia, acumulados a lo largo del tiempo, se analizan e interpretan mediante un modelo estadístico de distribución logarítmica normal de las concentraciones, con la finalidad de cuantificar la probabilidad que en un día cualquiera se supere el valor límite ambiental para la sustancia de estudio en las condiciones de operación.

Por último, desde 2016, se determina el Factor de Protección Asignado (FPA) al equipo de protección respiratoria requerido durante la manipulación de cada sustancia. Para ello los datos de las concentraciones también se tratan y analizan utilizando el software IHDataAnalyst®, versión 1,29 de *Exposure Assessment Solutions, Inc.*

Figura 1. La Universitat Pompeu Fabra en el Parque de Investigación Biomédica de Barcelona.



22 grupos de investigación	6 laboratorios de bioseguridad:
5 servicios científico-técnicos	5 de nivel 2
19 laboratorios básicos	1 de nivel 3
1 sala de criogenia	1 animalario libre de patógenos
1 Hot Lab y 10 zonas de trabajo	1 animalario convencional

## Resultados

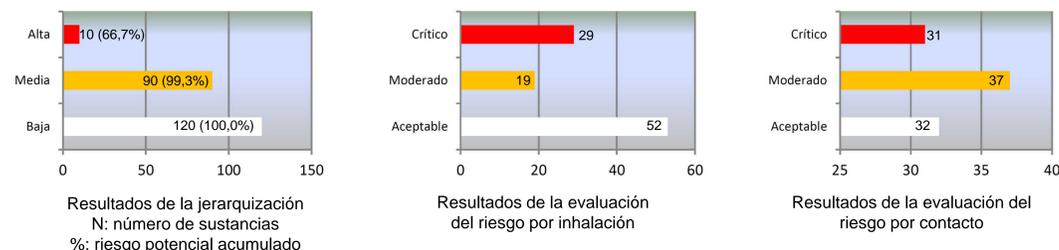
### Control cualitativo de la exposición (en un laboratorio de muestra)

Los resultados obtenidos (figura 2) ponen de manifiesto que 100 de las 220 sustancias inventariadas suponen el 99,3% del riesgo potencial acumulado. Se destaca que las 10 sustancias de prioridad alta representan el 66,7% del riesgo potencial en el laboratorio.

Las 120 sustancias restantes presentan una prioridad de acción baja y, según el criterio técnico propuesto por el Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo, se puede dar por finalizada la evaluación de riesgo químico en esta etapa. De esta manera, la discusión de resultados sobre la evaluación de la exposición por vía inhalatoria y dérmica se reduce a esas 100 sustancias en los escenarios de exposición definidos.

En el ejemplo, la exposición resulta crítica por inhalación para 29 productos y por contacto para 31 sustancias. Para el resto de sustancias, se deben mantener las condiciones observadas durante su manipulación.

Figura 2. Jerarquización de los riesgos potencial, por inhalación y por contacto en el Grupo de Investigación en Fisiología Molecular.



### Control cuantitativo de la exposición (en el departamento de laboratorios)

En el conjunto de laboratorios de la Universidad en el Parque de Investigación Biomédica de Barcelona, y en el período 2008-2017, se han obtenido un total de 155 muestras de 11 agentes químicos diferentes (tabla 1). Sólo en uno de los muestreos realizados se ha superado el valor límite de exposición.

Tabla 1. Valoración global de la exposición por vía inhalatoria a las sustancias incluidas en el proyecto.

Sustancia	Muestras (n)	Probabilidad de sobreexposición (%)		Desviación Geométrica Estándar	Ajuste gráfico	Valoración de la exposición	Probabilidad de protección (%)				
		VLA-ED	VLA-EC				FPA=1	FPA=4	FPA=10	FPA=20	FPA>20
Acetonitrilo	9	0,03	--	2,02	Sí	Aceptable	98,3	1,7	--	--	--
Acrilamida	32	0,10	--	2,23	No	Aceptable	100	--	--	--	--
Alc. Isoamílico	5	0,00	--	1,15	Sí	Aceptable	100	--	--	--	--
Cloroformo	19	0,00	--	2,04	No	Aceptable	100	--	--	--	--
Diclorometano	7	0,00	--	1,04	Sí	Aceptable	100	--	--	--	--
Dimetilformamida	5	0,00	--	1,16	Sí	Aceptable	100	--	--	--	--
Fenol	10	0,00	--	1,13	Sí	Aceptable	100	--	--	--	--
Isoflurano	10	3,01	--	3,77	Sí	Incierta	60,9	37,1	2	--	--
Metanol	16	0,00	--	2,89	Sí	Aceptable	100	--	--	--	--
Xileno	4	0,00	--	1,13	Sí	Aceptable	100	--	--	--	--
Formaldehído	23	--	0,00	1,70	No	Aceptable	100	--	--	--	--

Ajuste gráfico: la prueba de ajuste corresponde a la prueba W de datos log-transformados (Test de Shapiro y Wilk). FPA: Factor de Protección Asignado al equipo de protección respiratoria requerido en base a los resultados de la evaluación cuantitativa. Es un valor indicativo de la capacidad de filtración de un equipo de protección respiratoria dado que indica, en múltiplos del Valor Límite Ambiental, la concentración máxima de contaminante a la que puede enfrentarse el equipo. FPA=1: sin equipo de protección respiratoria. FPA=4: mascarilla auto filtrante FFGasX P1 con válvula, según norma UNE-EN 405 (valor utilizado en Reino Unido). FPA=10: mascarillas auto filtrantes FFGasX, FFGasX P2, FFGasX P3 con válvula, según norma UNE-EN 405 (valor utilizado en Reino Unido). FPA=20: media máscara con filtros GasX, según norma UNE-EN 140 (valor utilizado en Suecia y Finlandia).

En la única exposición valorada como incierta, en la manipulación de isoflurano, las 10 muestras se ajustan a una distribución log-normal.

No obstante, la Desviación Geométrica Estándar obtenida (3,77), es superior a los valores considerados habituales (entre 1,25 y 2,5) lo que indica que existe una variabilidad importante de los resultados.

Cabe señalar que se han muestreado diferentes operativas por lo que podría existir una doble tendencia (figura 3). Esta situación puede indicar un proceso no controlado o una diversidad de exposiciones.

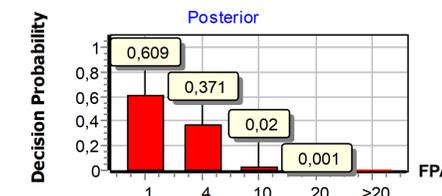
Figura 3. Representación gráfica del ajuste de linealidad (log-probabilidad concentración diaria) y ajuste a una distribución log-normal ideal de las concentraciones.



En base a todo lo expuesto anteriormente, como el cálculo de la probabilidad de sobreexposición viene fuertemente condicionado por la variabilidad de los resultados, éstos determinan que la probabilidad de la exposición se determine incierta.

La variabilidad observada en los resultados condiciona también el cálculo de los factores de protección respiratoria. De tal forma que, a pesar que ningún resultado supere el Valor Límite Ambiental asignado a esta sustancia, al tratarse de un proceso que no está bien controlado, se determina la necesidad de emplear protección respiratoria. En este caso, la certeza obtenida para un factor de protección asignado de 4, expresado en porcentaje, es del 98% (figura 4, 60,9% + 37,1%) y por lo tanto mayor al criterio técnico del 90% para una jornada de trabajo. Este resultado determina que un equipo de protección respiratoria con este factor, o superior, sería suficiente para proteger adecuadamente a los investigadores. Para el isoflurano, los fabricantes recomiendan el empleo de filtros de tipo AX, que no son reutilizables y generalmente deben usarse con una máscara completa, pudiendo dificultar las tareas de precisión que se realizan en el estabulario. Por ello, en este caso, se recomienda encarecidamente adoptar medidas de protección colectiva que reduzcan los niveles de exposición en el ambiente y no se requiera el empleo de protección respiratoria.

Figura 4. Representación gráfica del criterio de decisión para determinar el factor requerido para ofrecer una adecuada protección respiratoria ante la situación de riesgo.



## Conclusión

El tratamiento estadístico de las muestras acumuladas permite concluir que la exposición a 10 de las 11 sustancias incluidas en el programa se valora aceptable y que no se requiere el uso de equipos de protección respiratoria durante su manipulación. Para la restante, cuya exposición debe considerarse incierta, debe seguirse recabando más muestras y se recomienda la utilización de protección respiratoria con un factor de protección mínimo.

Las condiciones de trabajo en cuanto a la manipulación de agentes químicos son correctas y se debe continuar con el control estadístico de la exposición para disponer de resultados más sólidos y representativos. La ejecución gradual del proyecto durante años supondrá una compilación de pruebas históricas que confirmará el compromiso de la institución en la prevención efectiva de los riesgos laborales y permitirá demostrar que las condiciones de trabajo se han mantenido aceptables de acuerdo con los criterios que han existido en cada momento, a lo largo de la vida profesional de los empleados.

El modelo permite abordar el complejo proceso de evaluación en los laboratorios, valorando la exposición a largo plazo de los empleados, sea debida a las operaciones habituales que individualmente realizan durante su jornada, como a las operaciones realizadas por compañeros y que influyen en las concentraciones en el ambiente de trabajo.

También permite llevar a cabo una gestión integral y exhaustiva del riesgo químico, integrada a su vez en el funcionamiento de los laboratorios y en el proceso de investigación, teniendo en cuenta los diferentes ensayos que realiza el personal adscrito a los laboratorios, de manera que se puedan tomar decisiones orientadas a la mejora continua de las condiciones de trabajo.

Además posibilita planificar las acciones preventivas de mejora de las condiciones de trabajo con unos productos concretos y considerando las prioridades de actuación, establecer mediciones periódicas de la exposición a determinados productos químicos para validar la eficacia de las medidas preventivas adoptadas, implementar un plan más específico de vigilancia de la salud para cada puesto de trabajo y mejorar la protección a los empleados especialmente sensibles a los riesgos identificados, destacando que sus resultados son muy útiles para ayudar a decidir sobre las medidas de protección colectiva e individual a adoptar durante la ejecución de las tareas desarrolladas en los escenarios considerados.

## Referencias

- Aguilar J, Bernola M, Gálvez V, Rams P, Sánchez MT, Sousa ME et al. Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica. Madrid: Centro Nacional de Nuevas Tecnologías (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo); 2010.
- Cavallé N. Control banding, una herramienta complementaria a la evaluación cuantitativa en higiene industrial. Archivos de Prevención de Riesgos Laborales. 2010;13(4):177-179.
- Association Advancing Occupational and Environmental Health. Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Design. 17ª edición. 2010.
- Obiols J, Solans X, García V. Nota Técnica de Prevención 855: Industria farmacéutica: prevención de la exposición a principios activos en los laboratorios. Barcelona: Centro Nacional de Condiciones de Trabajo (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo); 2009.
- Oleart P, Pou R, Rabassó J. Estudio preliminar. Nuevo enfoque en higiene industrial: la evaluación cualitativa. Barcelona: Foment del Treball Nacional y Fundación para la prevención de riesgos laborales; 2008.
- Hewett P, Logan P, Mulhausen J, Ramachandran G, Banerjee S. Rating Exposure Control Using Bayesian Decision Analysis. Journal of Occupational and Environmental Hygiene. 2006;12:568-581.
- Vicent R, Bonthoux F, Mallet G, Iparraguirre JF, Rio S. Notes Documentaires 2233-2000-05: Méthodologie d'évaluation simplifiée du risque chimique: un outil d'aide à la décision. Institut National de Recherche et de Sécurité - Hygiène et sécurité du travail. 2005; 39-62.
- Health and Safety Executive. COSHH essentials: Summary of the technical basis for COSHH Essentials: easy steps to control chemicals. Health and Safety Executive. 2003.
- Mulhausen J, Damiano J, editores. A strategy for assessing and managing occupational exposures. 2ª edición. Fairfax, VA: AIHA Press. 1998.