

Prevención de Riesgos Laborales: Salud Preventiva en el Trabajo con Nanomateriales

Francisco Torrens y Gloria Castellano, Institut de Ciència Molecular, Universitat de València y Depto. CC. Experimentales y Matemáticas, Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir, València

INTRODUCCIÓN

- El póster presenta la higiene industrial (HI) inversa (HI), los métodos simplificados de evaluación de la exposición a agentes químicos y las limitaciones para su aplicación. El propósito del póster es el intercambio de experiencias en el uso de estos métodos simplificados de evaluación.
- El primer objetivo es exponer nuestra experiencia y, sobre todo, nuestra propuesta de acción con el foco y desarrollo del modelo de evaluación de exposición a agentes químicos para que sea un proceso de calidad no daría confianza en que las condiciones ambientales por exposición a agentes químicos no van a suponer un riesgo para la salud de los trabajadores ni a corto ni a largo término.
- El segundo objetivo es proponer un nuevo modelo de acción basado en la introducción de mejoras y prácticas medidas de control sobre las condiciones de exposición y los programas de evaluación ambiental, como una herramienta para demostrar la aceptabilidad de las condiciones.
- El principal y primer objetivo de HI es conseguir que no se produzca daños para la salud por causas derivadas de las condiciones del ambiente laboral. La HI comparte el mismo objetivo que la medicina laboral (ML), PERO es una disciplina preventiva más *primaria*. La HI ejerce una prevención anticipada: evalúa las condiciones laborales antes de que aparezcan los signos y síntomas de enfermedad profesional. La ML actúa sobre la persona analizando que no se produzca alteraciones de ningún parámetro biológico, bioquímico o fisiológico. En el nuevo modelo HI, el orden de las acciones preventivas está invertido.

- (1) Se adopta las mejoras más evidentes y medidas correctivas, basadas en inspecciones y observaciones que permiten definirlos, sin tener que recurrir a muestreos.
- (2) Se establece programas para valorar el riesgo HI y confirmar la aceptabilidad en la exposición a largo término.
- Se realiza un análisis comparativo de los métodos de HI: COSHH Essentials (R.U.), International Chemical Control Toolkit (ICT), Easy-Use Workplace Control Scheme for Hazardous Substances (Almania) y M (thologie d'Évaluation Simplifiée du Risque Chimique (Francia).
- Se analiza la peligrosidad del trabajo con nanopartículas (NPs).
- Se debe aplicar el principio de prevención.
- Las NPs deben considerarse al menos tan tóxicas como sus correspondientes materiales macroscópicos.
- Se analizan resultados del Proyecto de Investigación *Nanotecnología y Prevención de Riesgos Laborales* (Díaz Soler, 2015).



DE UNA TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS 2D A 3D

- La tabla periódica de los elementos (PTE) fue revisada [1,2].
- Antes de la nanociencia, la gente jugaba a la química como a *hundir la flota*: D9, Co. Fue porque los elementos estaban dispuestos y sus propiedades periódicas (PPs) determinadas por su posición en PTE: *punto de fusión, punto de ebullición, densidad, etc.* Ahora todo ha acabado; e.g., C no tiene un único punto de fusión porque sus propiedades son diferentes si es el caso de grafito (GR), nanotubo (NT) o fullerenos. El GR es una monocapa de átomos de C en forma de panel de abejis. Sus propiedades sugieren aplicaciones. Muchas capas de GR colocadas una a riba de otra llegan a formar el grafito ordinario. Un NT de C es un cilindro de GR cu rvado formando un tubo. Los fullerenos son una forma aproximadamente esférica de la estructura. El fullerenos más sencillo está hecho de 60 átomos que se disponen en los puntos descritos por la geometría de la pelota de soccer para el televisor en blanco y negro. Ahora uno tiene un millón de materiales diferentes, los cuales comparten la misma naturaleza y composición atómica PERO propiedades completamente diferentes.
- La historia de la nanominutización fue revisada [3-5]. La nanotecnología añade una 3D a PTE; e.g., MoS₂ de monocapas de tubo grafito es el más conocido y estable dicálcogeno metálico de transición (TMD) en capas 2D (2DL). El MoS₂ presenta excepcional movilidad de portadores de carga y es competidor para la próxima generación electrónica, ya que el chip de Si llega a sus límites fundamentales. Es un semiconductor de tipo n, útil para células fotovoltaicas (PV).

RESULTADOS

- La nanopapas de TMDs en 2DL se usan como lubricantes sólidos. En PVCs, existe la necesidad de recoger todo el espectro electromagnético (EMR, e.g., infrarrojo, IR, visible, VIS). Algunas NPs de determinado tamaño y forma recogen IR: otras NPs de diferente tamaño forma, VIS. Interactuando ambos tipos de NPs, PVC) recogen una gran porción del espectro EMR. Las monocapas probaron ser estables bajo condiciones ambiente (temperatura ambiente en aire, GR; BN-hexagonal, GR blanco; BCN; fluorografeno (FGR); óxido de GR (GRO); MoS₂, WSe₂, mica; óxido de Bi₂Se₃/Cu₂; H, B, F, Si, S, Ca, Cu, Se, Sr, Mo, W, Bi; Fig. 1, negro), aquellos probablemente estables en aire (dicálcogenos semiconductores: MoTe₂, WTe₂, ZrS₂, ZrSe₂, etc.; MoO₃, WO₃; óxidos de Cu en capas; Zr, Te, rojo) y aquellos inestables en aire pero que pueden ser estables en atmósfera inerte (dicálcogenos metálicos: NbSe₂, NbS₂, TaS₂, TiS₂, NiSe₂, etc.; semiconductores en capas: GaSe, GaTe, InSe, Bi₂Se₃, etc.; Ti, Ni, Ga, Nb, In, Ta, verde); o impuestos 3D que fueron exfoliados con éxito a monocapas (TiO₂, MnO₂, V₂O₅, Ta₂O₅, RuO₄); etc.; tipo perovskit: LaNb₂O₇, (Ca,Sr)₂Nb₂O₁₀, Bi₂Ti₂O₁₂, Ca₂Ti₂TiO₁₀; etc.; hidróxidos: Ni(OH)₂, Ba(OH)₂; etc.; V, Mn, Ru, La, Eu, azul); con estados de oxidación (OSs) 3, 4, 2, 5, 6, etc.

	1A	2A											3A	4A	5A	6A	7A	8A
1	H																	
2	Li																	
3	Be	3B	4B	5B	6B	7B	8B				1B	2B	Si	S				
4	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	Se					
5	Sr	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru							Te					
6	Ba	Hf	Ta	W									Bi					
7	Rb	Cs																

- Materiales obtenidos por incorporación de metales, e.g., Ti-Cu, Cu-Zr, Mo, Sn y W, en el armazón o superficie de hidróxidos nanoporosos (Fig. 2) con OSs 2, 4, 3, 6, etc., son capaces de catalizar reacciones selectivas entre compuestos orgánicos e hidropéroxidos o H₂O.

	1A	2A											3A	4A	5A	6A	7A	8A
1	H																	
2	Li																	
3	Be	3B	4B	5B	6B	7B	8B				1B	2B	Si	S				
4	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	Se					
5	Sr	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru							Te					
6	Ba	Hf	Ta	W									Bi					
7	Rb	Cs																

- La PTE de NPs de óxidos metálicos ZnO, CuO, V₂O₅, Y₂O₃, Bi₂O₃, In₂O₃, Sb₂O₃, Al₂O₃, Fe₂O₃, SnO₂, ZnO, SnO₂, TiO₂, Co₃O₄, NiO, Cr₂O₃, y La₂O₃ (de Al, Si, Ti-C, Fe-Zn, V, Zr, In-Sb, La y Bi; Fig. 3) muestra OSs 3, 2 y 4.

	1A	2A											3A	4A	5A	6A	7A	8A
1	H																	
2	Li																	
3	Be	3B	4B	5B	6B	7B	8B				1B	2B	Si	S				
4	Ca	Ti	V	Cr	Fe	Co	Ni	Cu	Zn				Se					
5	Sr	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru							Te					
6	Ba	Hf	Ta	W									Bi					
7	Rb	Cs																

- El Proyecto de Investigación *Nanotecnología y Prevención de Riesgos Laborales* (Díaz Soler, 2015) encuestó las prácticas en asuntos de salud preventiva, con cuestiones sobre los nanomateriales a los que los trabajadores están expuestos: Gd₂O₃, dendrímeros, SiO₂, TiO₂, fullerenos, GR, nanocápsulas, NT, de C, de capas simple y múltiple, ferrosos, orgánicos, negro de C, Au, Al₂O₃, Ce₂O₃, ZnO, Ag, poliestireno, polímeros, puntos cuánticos (QDs) y Bi₂Te₃. La correspondiente PTE (Fig. 3) muestra diferentes grupos, períodos y OSs 2, 0, 3, 4, etc.

	1A	2A											3A	4A	5A	6A	7A	8A
1	H																	
2	Li																	
3	Be	3B	4B	5B	6B	7B	8B				1B	2B	Si	S				
4	Ca	Ti	V	Cr	Fe	Co	Ni	Cu	Zn				Se					
5	Sr	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru							Te					
6	Ba	Hf	Ta	W									Bi					
7	Rb	Cs																

DISCUSIÓN

Conflicto Filosófico Química-Física

- La confrontación, expresada en términos de elementos vs. átomos, lleva a la consideración del concepto de elemento de Mendelév, el cual es un concepto filosófico e histórico en la historia de la Química [6]. El punto de vista de Mendelév permite plantear la idea del *reducionismo*, la cual se hizo importante después de la Mecánica Cuántica. La PTE refleja una delicada comprensión filosófica abstracta del elemento, la cual fue cuestionada después de los isótopos y Física Atómica. Los químicos fueron mal interpretados como *positivistas* naif cuando rechazaron aceptar la existencia de los átomos en el siglo 19^o. Después de Compté y Mach, la Química es positivista y no positivista a la vez en su aproximación. Ostwald y Duhem mostraron el límite del positivismo en Química. La discusión atomista generada por el positivismo permite explorar la variedad de atomismos que existieron y existen. La PTE representa el atomismo distintivo del químico, el cual se centra en el átomo como un nodo de relaciones químicas. Marca la nanotecnología el final de la Química como una materia? Existe una fuente continuidad en la relación ciencia-sociedad que sobrevivió la transición Química-nanotecnología. Un examen más detenido de las entidades naturales y nuevo interés en ésta nivel de nanociencia produjo la recuperación de las ambiciones fantasmas asociadas a la Química. La nanotecnología no sólo busca imitar la naturaleza sino también superarla, con un creciente número de visionarios científicos que anuncian vida artificial y nanomáquinas que se autopropan como precursores del control de la vida por la humanidad. Una general guía filosófica podría ayudar a construir una ética adecuada para la investigación contemporánea en el contexto nanorevolucionario.

- La PTE de TMDs en 2DL MX₂ (M = Ti-C, Zr-Te, Hf-Re, X = S, Se, Te, Fig. 4) muestra OSs 4, 5, 6, 7 y 3.

	1A	2A											3A	4A	5A	6A	7A	8A
1	H																	
2	Li																	
3	Be	3B	4B	5B	6B	7B	8B				1B	2B	Si	S				
4	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	Se					
5	Sr	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru							Te					
6	Ba	Hf	Ta	W									Bi					
7	Rb	Cs																

CUESTIONES ABIERTAS

- En los nanomateriales, uno tiene un montón de diferentes materiales, los cuales comparten la misma naturaleza y composición atómica pero propiedades completamente diferentes.
- Se debe aplicar el principio de prevención.
- Las nanopartículas deben considerarse al menos tan tóxicas como sus correspondientes materiales macroscópicos.

Química y Cultura

- La ciencia química está inmersa en valores culturales, los cuales importan para la aceptación pública de las innovaciones científicas y tecnológicas. La ética de la Química necesitó negociar prioridades *naïf* una democrática deliberación colectiva. Comparando la Física y Química, es la Química el futuro? Nuevas tendencias (nanotecnología, etc.) muestran diferencias decrecientes entre Física y Química, ciencia y tecnología, economía y capitalismo, etc. Es interesante estudiar el posible generalización de las ideas anteriores a PPs, ley periódica (PL), etc.
- La necesidad de comunicar la ciencia es un efecto secundario de la creatividad científica.
- El dilema natural/artificial viene de los tiempos «químicos». La causa es la falta de divulgación.

Agradecimientos. Los autores agradecen financiación al Ministerio de Economía y Competitividad (Proyecto No. BFU2013-41648-P), fondos FEDER y Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir (Proyecto No. PRUCV/2015/617).

REFERENCIAS

- [1] F. Torrens y G. Castellano, Reflections on the nature of the periodic table of the elements: Implications in chemical education, en *Synthetic Organic Chemistry*, Eds. J. A. Seijas, M. P. Vázquez Tato y S.-K. Lin, MDPI, Basel, 2015, Vol. 18, pp. 1-15.
- [2] F. Torrens y G. Castellano, Periodic table, en: *The Explicative Dictionary of Nanochemistry*, Ed., M. V. Pu tz, Apple Academic-CRC, Warehown (NJ), en prensa.
- [3] F. Torrens y G. Castellano, Reflections on the cultural history of nanominutization and quantum simulator (computers), en *Sensors and Molecular Recognition*, Eds. N. Laguarda Miro, R. Misot Peris y E. Brun Sánchez, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2015, Vol. 9, pp. 1-17.
- [4] F. Torrens y G. Castellano, Ideas in the history of nano/miniaturation and (quantum) simulators: Feynman, education and research reorientation in translational science, en *Synthetic Organic Chemistry*, Eds. J. A. Seijas y M. P. Vázquez-Tato, MDPI, Basel, 2015, Vol. 19, pp. 1-16.
- [5] F. Torrens y G. Castellano, Nanominutization and quantum computing, en *Sensors and Molecular Recognition X*, Eds., A. M. Costero Nieto, S. G. I. Grau M. Parra Álvarez y P. Gaviña Costero, Universitat de València, Valencia, Vol. 10, en prensa.
- [6] B. Bensaude-Vincent y J. Simon, *Chemistry: The Impure Science*, Imperial College Press, Londres, 2012.