

Química verde y reducción de riesgos

Andoni Garritz Ruiz*

ABSTRACT (Green chemistry and risk reduction)

Generally, education and public opinion have been outside decision making about risks. Teachers have seen risk study beyond their professional domain, thinking that only an elite of professionals and technicians within academy, government and industry can tackle it. Nowadays it is very important that teachers change their minds and start including the risk concept in their classes. In the case of chemistry, it may be done by using microscale and Green Chemistry cases, among others.

Several authors say that we live in “the risk society”. Risk can be defined as the probability of an adverse effect on health or wealth, as a consequence of a decision taken in the presence of some hazard. Green Chemistry is useful to reduce hazards because it provides us with new sustainable chemical processes which, therefore, prevent and mitigate risks.

Finally, a couple of examples of how chemistry can support other fields are selected: the Green Farm and the construction of High Performance Buildings.

KEY WORDS: Risk, vulnerability, resilience, education, green farm, green buildings

Se cierra la celebración de los veinte años de la revista y tocamos en esta editorial el tema de la educación en el riesgo.

Con este número se cierra la celebración del vigésimo aniversario de *Educación Química*. Hemos escogido el tema de la “Química sostenible” o “Química Verde”, en estos tiempos en que los educadores estamos obligados a transformar el carácter y el proceder de nuestros alumnos universitarios para que en el momento en que ejerzan lo hagan con profesionalismo y solidaridad sostenibles. En el caso de la química es doblemente importante transmitir esa filosofía para que su desempeño contribuya a cuidar el ambiente y en consecuencia para que la sociedad contemple con mejores ojos nuestra actividad.

Riesgo

En general, la educación y la opinión pública han estado fuera de las estructuras de la toma de decisiones relacionadas con el tema del riesgo. Los educadores han visto el estudio del riesgo como si estuviera más allá de su dominio profesional y que sólo pudiera ser abordado por una élite de profesionales y técnicos de la academia, el gobierno o la industria. Es muy importante que los profesores se transformen para volverse actores en la educación sobre el riesgo. Nos dicen López Cerezo y Luján (2000): “Para todo tipo de riesgo que afecte intereses colectivos de un sector de la sociedad o de la naturaleza, es éticamente indispensable la participación pública en el proceso que va de la identificación a la gestión del riesgo.”

¿Por qué el estudio del riesgo ha sido visto como externo al dominio de las escuelas? De acuerdo con Riechard (1993) pueden especularse varias razones:

- Primera.* Los líderes educativos no han reconocido la necesidad de la educación sobre riesgo.
- Segunda.* No hay temas conceptuales específicos sobre riesgo para la escuela con los cuales pueda integrarse el currículum escolar.
- Tercera.* No hay una teoría base que soporte los constructos de la educación sobre riesgo en la educación básica.
- Cuarta.* La jornada escolar está de por sí saturada con una gran variedad de temas curriculares.

No obstante, la reciente incorporación de la Química Verde en los planteles de la enseñanza profesional y los del bachillerato ofrece una oportunidad para abordar el estudio del riesgo.

Para ampliar esta reflexión voy a citar algunos párrafos en los que toqué el tema del riesgo en la conferencia inaugural que di en el Congreso Internacional de Investigación en la Didáctica de las Ciencias, en Barcelona el 7 de septiembre de 2009 (Garritz, 2010).

Educar para el riesgo se ha vuelto un objetivo en esta “sociedad del riesgo”, como la denomina Ulrich Beck: “Esto se basa en la evaluación de que somos testigos visuales —como sujetos y objetos— de una ruptura con la modernidad, la cual se libera del contorno de una sociedad industrial clásica y se forja una nueva forma —la ‘sociedad de riesgo’ (industrial)” (Beck, 1992, p. 9). “En la modernidad avanzada la producción

* Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria; 04510 México, D.F.

Correo electrónico: andoni@unam.mx

social de riqueza está acompañada sistemáticamente por la producción social de riesgos” (p. 19). Este libro no solamente abrió el debate más allá de los especialistas, hacia el terreno de la sociedad entera, sino que capturó la imaginación pública con temas como Chernobyl, Bophal, Exxon Valdez, la encefalopatía bovina espongiforme y los productos químicos empleados como complementos hormonales.

El riesgo se refiere a “una situación o suceso en el cual se pone en juego algo valioso para los seres humanos, y donde el resultado es incierto” (Jaeger, Renn, Rosa & Webler, 2001). Parece que la palabra viene del latín *resgare* que se usaba para describir la navegación marítima peligrosamente cercana a los acantilados o riscos; para llegar más rápido, se arriesgaba. La ocurrencia del suceso, además, o bien resulta de una decisión humana de actuar de cierta manera o bien su ocurrencia tiene ciertas consecuencias debido a que algunas personas omitieron ciertas acciones (Olivé, 2007).

En otras palabras, riesgo es la probabilidad de daño por la decisión que se toma frente a un peligro para ganar algo a cambio (Arjonilla, 2001). Es, entonces, la posibilidad de un efecto adverso o daño físico, psicológico, social o ambiental para la salud o los bienes como consecuencia de una decisión tomada, por nosotros o por otros, frente a un agente o peligro físico, químico, biológico, psicológico o social. El daño depende en esencia de la vulnerabilidad que es la susceptibilidad de sufrirlo, así como la mayor o menor capacidad de recuperación del mismo (llamada resiliencia por la similitud con esta propiedad en los materiales de volver a adaptar su forma original después de ser deformados). Entonces, la resiliencia se refiere a la capacidad de las personas o las economías para absorber las pérdidas y recuperarse. Los hogares pobres suelen tener baja resiliencia a las pérdidas porque no cuentan con ahorros, reservas o seguros (ONU, 2009).

Queda entonces claro que ciertas reacciones químicas constituyen un peligro que puede dañarnos y que resulta riesgosa su realización. La decisión de realizar reacciones promovidas por la Química Verde reduce el riesgo porque aminora el peligro de la misma reacción o de sus subproductos.

Veamos un poco acerca de un factor importante en la toma de decisiones: la percepción de riesgos. Jonathan Osborne (2004) al dar la charla inaugural de los cursos en el Imperial College en Londres destacó la importancia de la enseñanza del riesgo. Puso las once causas de muerte a los 40 años ordenadas alfabéticamente (en lugar de por su orden de probabilidades, como están en la tabla 1) y pidió a la audiencia (todos jóvenes ingresando a las licenciaturas y posgrados de la institución) que las ordenara por su probabilidad de ocurrencia. Los datos deben ser de la Gran Bretaña, pero no lo dice explícitamente. Luego les mostró las probabilidades reales. Por supuesto el resultado que aportó cada estudiante es notablemente diferente al de la tabla.

Los estudios de percepción de riesgo nos indican que el riesgo es una noción construida socialmente, variable de un tiempo y lugar a otro tiempo y otro lugar (Le Breton, 1995). La disposición a tomar riesgos, a evitarlos o a ignorarlos por

Tabla 1. Causas de muerte a los 40 años, ordenadas por su probabilidad.

<i>Causas de la muerte a los 40 años</i>	<i>Orden</i>	<i>Probabilidad</i>
Fumar 10 cigarros al día	1	1 de 200
Todas las causas naturales	2	1 en 850
Influenza estacional	3	1 en 5 000
Un accidente en la carretera	4	1 en 8 000
Leucemia	5	1 en 12 500
Jugar al fútbol	6	1 en 25 000
Un accidente en la casa	7	1 en 43 500
Radiación/Industria nuclear	8	1 en 57 000
Homicidio	9	1 en 100 000
Un accidente en el tren	10	1 en 500 000
Ser tocado por un rayo	11	1 en 10 000 000

completo no es privativa de una clase socioeconómica ni de una cultura, pero la jerarquía de los mismos difiere un poco de un grupo social a otro. Se percibe normalmente como menos riesgoso lo que resulta más cercano al perceptor y más riesgoso lo más alejado, aunque la realidad de las probabilidades en términos de datos reales diga otra cosa. La tabla 2 muestra una clasificación propuesta por Hadden y Bales (1989), modificada por Arjonilla (2001).

No cabe duda que tenemos mucho que aprender y que enseñar acerca del riesgo.

En la década de 1990 la Agencia de Protección Ambiental americana (EPA) en lugar de ocuparse de atacar y resolver problemas, declaró que se centraría en su prevención. Con ese giro, buscaría métodos más flexibles y económicamente viables para evitar la contaminación desde su origen. Es en 1991 cuando la Química Verde se crea formalmente. De acuerdo con sus postulados, esta tecnología sostenible se ocupa del diseño de productos o procesos químicos que reducen o eliminan el uso y producción de sustancias peligrosas.

Tabla 2. Percepción de riesgos según sus características.

<i>Se percibe menos riesgoso lo</i>	<i>Se percibe más riesgoso lo</i>
VOLUNTARIO (Fumar)	INVOLUNTARIO (Contaminación industrial)
NATURAL (Huracán, temblor)	ANTROPOGÉNICO (Fuga de combustible, calentamiento global)
FAMILIAR (Gas doméstico)	EXÓTICO (Energía nuclear)
CRÓNICO (Accidentes de tránsito)	SÚBITO (Descarrilamiento de tren)
QUE TIENE BENEFICIOS VISIBLES (Insecticidas)	QUE TIENE BENEFICIOS OCULTOS (Manipulación genética)
CONTROLADO POR UNO (Manejar automóvil)	CONTROLADO POR OTROS (Viajar en avión)
EQUITATIVO O JUSTO (Agua contaminada en todo el barrio)	INEQUITATIVO O INJUSTO (Agua contaminada en mi calle)

Hoy, nos dice Ritter (2009a), después de hace casi veinte años de la declaración de la EPA, la Química Verde ha madurado como un marco de diseño para ayudar a los químicos y los ingenieros químicos a desarrollar mejores procesos y productos en general. Habla también del eslogan de los químicos e ingenieros químicos verdes para identificarse: "The tag line green chemists and engineers are now using is cleaner, cheaper, smarter chemistry" (química más inteligente, más barata y más limpia). Podemos agregar: "más segura", con todas sus letras.

La Química Verde dentro y fuera de la química

Aparte de las reacciones químicas sostenibles novedosas que nos presentan los autores de varios de los artículos de este número en la sección DE ANIVERSARIO (ver los de Succaw y Dooxsee, Ávila Zárraga y Miranda *et al.*) existen muchas otras facetas en las que la química aporta su grano de arena (o su roca, en ocasiones) para contribuir a un desarrollo sostenible.

Un ejemplo de aplicaciones químicas de carácter ambiental lo tenemos en la "granja verde". En los Estados Unidos, el uso de pesticidas convencionales tuvo su máximo en 1979, con 663 mil toneladas, y había bajado hasta 558 mil en 2001, el último año para el cual hay datos globales (Ritter, 2009b). Esta caída en el empleo de pesticidas se debe a una multitud de factores, sobre todo incluido el de la mejora de los productos, que no sólo son más selectivos y se aplican en menores cantidades sino tienen también menor toxicidad inherente y por ende menos impacto sobre la salud humana y el ambiente. El herbicida simazina, que permanece demasiado tiempo en el ambiente (y contiene un átomo de cloro, de esos que "deben" proibirse) se reemplaza actualmente por opciones más verdes, como glifosato (ver la ilustración 1).

Un segundo factor es el conjunto de estrategias de granja llamadas "Manejo Integral de Pesticidas" que descansa sobre los ciclos de vida de estos productos y las cosechas sobre las que se aplican, controlando económicamente su utilización con su uso hasta el momento en el que el daño adquiere un valor límite. El tercer factor es el factor orgánico en lo agrícola, que rechaza de hecho el uso los pesticidas. Los agricultores orgánicos acuden a los biopesticidas que han aparecido para el control de las plagas por parte de los granjeros y los consumidores conscientes de la seguridad y el ambiente. El fungicida Regalia, que contiene el biopesticida "fiscion", y el herbicida sintético de riesgo reducido "(S)-metolacloro" están disminuyendo el riesgo en el uso de pesticidas (ver la ilustración 2).

Como otro ejemplo del empleo de la química para la sus-

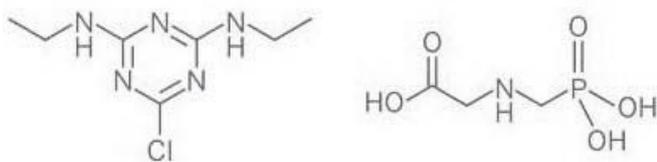


Ilustración 1. Izquierda: Simazina; derecha: Glifosato.

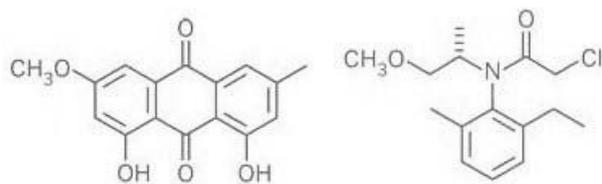


Ilustración 2. Izquierda: Fiscion; derecha: (S)-metolacloro.

tentabilidad, los ingenieros y arquitectos contemplan el diseño de edificios e instalaciones de alto desempeño, en los que todos los aspectos ambientales estén contemplados y la huella de la energía gastada sea mínima (Voith, 2008). Construir una "casa verde" no es cualquier cosa, y acaba saliendo un poco cara (por hacerla eficiente en energía y de larga duración). La certificación LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) en los Estados Unidos fue introducida en el año 2000 y vela por aspectos relativos a cinco objetivos: desarrollo sostenible del terreno; ahorro de agua; eficiencia energética; selección de materiales y calidad ambiental al interior. Muchos de los materiales verdes de construcción deben ser desarrollados por los químicos de las empresas, como los vidrios con óxidos metálicos para que penetre menos luz del sol por los tragaluces, o los tableros estructurados aislantes de poliuretano con escamas de grafito, que no absorben sino reflejan la luz solar. El "Neopor" es un nuevo producto de la compañía BASF que brinda un aislamiento térmico óptimo lo cual es clave para el ahorro energético. Está hecho de CLC "Concreto celular ligero", que es un concreto embebido en una espuma orgánica biodegradable basada en una hidrólisis proteica, con grava muy ligera. Tanto BASF como DuPont han introducido una tecnología basada en ceras para el desarrollo de paneles de yeso. Cuando un cuarto hecho con ellos alcanza una temperatura alta durante el día, la cera encapsulada dentro de ellos se funde. La energía en exceso en la habitación es absorbida durante este cambio de fase y cuando llega la noche la cera se vuelve a endurecer y libera la energía almacenada como calor.

Para concluir

¿Por qué la educación debería interesarse en la cuestión del riesgo? Una primera razón es que los riesgos asociados con las nuevas tecnologías son todos ellos parte de lo que el ciudadano necesita saber. La segunda es que el concepto de riesgo enlaza los dominios cognitivo y afectivo: aboga no sólo por el pensamiento sino por las emociones (Solomon, 2003).

No cabe duda de que debemos incluir los aspectos de la Química Verde en los planes de estudios. González y Valea (2009) expresan las siguientes implicaciones de la Química Verde que tendrán impacto sobre el currículum:

- La consideración del riesgo y la toxicidad como una propiedad fisicoquímica de la estructura molecular que puede ser diseñada y modificada;
- La introducción de toxicología química y el riesgo;
- La sustitución del concepto de rendimiento por el de

economía atómica (para medir la eficiencia de una reacción química; complementa el concepto tradicional de medida en función del rendimiento de la reacción);

- El desarrollo de experimentos de laboratorio, adecuados al nivel educativo del estudiante, para ilustrar los principios de la Química Verde;
- La presentación y el comentario de casos reales desarrollados por diferentes laboratorios o equipos de investigación.

Si no se hace educación sobre riesgo en la escuela desde los primeros grados y empezando por los temas relacionados con la naturaleza, los esfuerzos por hablar durante la adolescencia de riesgos bio-psico-sociales (sexualidad, drogas y violencia, entre otros), les pueden parecer a los alumnos un sospechoso problema generacional, en lugar de percibirlos como una "ayuda a la maduración de su libertad responsable" (Latapí, 1999).

Bibliografía

Arjonilla, E. *Cómo hablar de riesgo. Consideraciones Teóricas*, México: Fundación Mexicana para la Salud, 2001.

Beck, U. *Risk society. Towards a new Modernity*, London: SAGE Publications, 1992. Publicado originalmente por Verlag en Frankfurt en 1986 como *Risikogesellschaft: Auf dem Weg in eine andere Moderne*.

Garriz, A., La enseñanza de la ciencia en una sociedad con incertidumbre y cambios acelerados, *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 28 (en prensa), 2010.

González, M.L. & Valea, A. El compromiso de enseñar química con criterios de sostenibilidad: la química verde, *Educación Química*, 2, 48-52, 2009.

Hadden, S. & Bales, B. *Risk Communication about Chemicals in your Community*. Washington, D.C., USA: Environmental Protection Agency, 1989.

Jaeger, C.C., Renn, O., Rosa, E.A. & Webler, T. *Risk Uncertainty and Rational Action*. Londres: Earthscan Pub., 2001.

Latapí Sarre, P. *La moral regresa a la escuela*, México: CESU-UNAM/Plaza y Valdés, 1999.

Le Breton, D. *La sociologie du risque*. Paris: Presses Universitaires de France, 1995.

López-Cerezo, J.A. y Luján, J.L., *Ciencia y política del riesgo*, Madrid: Alianza, 2000.

Olivé, L. *La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento*, México: Fondo de Cultura Económica, 2007.

ONU, *Informe de evaluación global sobre la reducción del riesgo de desastres 2009. Riesgo y pobreza en un clima cambiante. Invertir hoy para un mañana más seguro*, Nueva York: Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de la Organización de las Naciones Unidas. Puede consultarse en la URL <http://www.preventionweb.net/gar09>

Osborne, J. Charla inaugural del 29 de abril 2004. King's College London. Puede tomarse de la URL <http://www.kcl.ac.uk/content/1/c6/01/29/36/joinaugural.pdf>. Consultada el 12 de agosto de 2009.

Riechard, D. Risk literacy: Is it the missing link in environmental education?, *Journal of Environmental Education*, 25(1), 8-12, 1993.

Solomon, J. Risk: why don't they listen to us?, *Studies in Science Education*, 39, 125-142, 2003.

Ritter, S.K. Green Chemistry in the Mainstream, *Chemical and Engineering News*, 87(29), 39-42, 20th July 2009a.

Ritter, S. K. Greening The Farm. Safer and environmentally friendlier pesticides and agricultural practices gain traction on U.S. farms, *Chemical and Engineering News*, 87(7), 13-20, 16th February de 2009b.

Voith, M., High-Performance Buildings, Green designs depend on materials that reduce the energy footprint, *Chemical and Engineering News*, 86(46), 15-23, November 17th, 2008.