

## Noticias y revisión bibliográfica

### Notícias e revisão da literatura

#### News and literature review

Rafael J. García-Villanova<sup>1</sup>, Javier Reinares Ortiz de Villajos<sup>2</sup>, Juan Ángel Ferrer Azcona<sup>3</sup>, Óscar Martínez Jiménez<sup>4</sup>

<sup>1</sup> RJGV. Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología. Facultad de Farmacia, Universidad de Salamanca, España.

<sup>2</sup> JROV. Sección de Control de Riesgos Ambientales. Subdirección Gral. de Salud Pública. Ayuntamiento de Madrid, España.

<sup>3</sup> JAJA. Área de Prevención de Legionella. MICROSERVICES. Benidorm, España.

<sup>4</sup> OMJ. Sección de Materiales en contacto con alimentos. Dirección Gral. de Salud Pública. Consejería de Sanidad. Comunidad de Madrid, España.

#### HOMENAJE A CARMEN PELAZ ANTOLÍN, PIONERA DE LA MICROBIOLOGÍA DE LEGIONELLA EN ESPAÑA (por JROV y JAJA)

El 14 de noviembre de 2023, en el seno de la Jornada "Nuevos retos para el control de la *Legionella*" organizada en Madrid por la Asociación Nacional de Empresas de Sanidad Ambiental y la Asociación EUROLAB-España, se celebró un homenaje a la Doctora en Farmacia Carmen Pelaz Antolín, desde 1985 responsable y directora del Laboratorio de *Legionella* del Centro Nacional de Microbiología del Instituto de Salud Carlos III.

La Dra. Pelaz fue pionera en la detección de *Legionella* en España, trabajando en el diagnóstico, aislamiento y caracterización de la bacteria y, por tanto, interviniendo en la investigación de la gran mayoría de los brotes de legionelosis ocurridos en las últimas décadas en nuestro país. Es una profesional de elevado prestigio internacional. Participó de forma muy activa en los inicios de la vigilancia de la legionelosis asociada a viajes en Europa, tanto en la red EWGLI (*European Working Group on Legionella Infections*), como posteriormente en ELDSNET (*European Legionnaires Disease Surveillance Network*). Cuando se creó el Centro Europeo para la Vigilancia y Control de Enfermedades (ECDC) en 2015, pasó a ser la persona de contacto en España para Legionelosis en el ámbito microbiológico. Asimismo, participó e intervino en la redacción de normas preventivas y de control de la legionelosis, normas de calidad, manuales técnicos, libros, artículos científicos, jornadas técnicas, etc. Fue directora de cursos de formación de personal sanitario, de cursos organizados por Consejerías de Sanidad de Comunidades Autónomas, asociaciones de empresarios, Colegios Oficiales Profesionales, etc. Tal y como ella reconoció, el escenario de su despedida no podía haber sido mejor, una Jornada técnica, como tantas otras en las que participó de forma tan destacada.

#### ¿PODRÍA SER LA LEGIONELLA UN ARMA BACTERIOLÓGICA? (por JROV y JAJA)

Rzeszów es una ciudad del sur de Polonia de unos 200 000 habitantes, situada a solo 70 kilómetros de la frontera con Ucrania. Desde el inicio de la guerra, es el principal centro logístico para el envío internacional de ayuda humanitaria y militar a Ucrania, y en su área están destinados más de 10 000 soldados estadounidenses. A la cadena de dificultades que allí deben surgir diariamente, se añadió un nuevo problema el pasado mes de agosto. Según un informe de la Organización Mundial de la Salud ([OMS, 2023](#)), entre el 30 de julio y el 11 de septiembre, en el área de Rzeszów se declararon 166 casos confirmados de legionelosis, de los que fallecieron 23 personas. Pese al elevado número de afectados, han quedado notables lagunas en la investigación. Por un lado, no se pudo recuperar *Legionella* por cultivo en las muestras clínicas, diagnosticándose los casos por pruebas de antígeno en orina y PCR. Por otro lado, tampoco se ha identificado la fuente de la infección, aunque el último comunicado de las autoridades sanitarias de la región de Rzeszów, de [30 de octubre de 2023](#), apunta a que la fuente más probable podrían haber sido las instalaciones de agua caliente de los edificios residenciales. Una conclusión que ofrece numerosas dudas.

La experiencia histórica en otros brotes nos indica que, un número tan elevado de casos en tan solo 30 días y en una zona concreta, debe ser el resultado de una dispersión masiva de aerosoles contaminados con una cepa de *Legionella* de suficiente patogenicidad, que se prolongó en el tiempo. Por ello, como primera hipótesis sobre la instalación causante del brote, debemos pensar en una torre de refrigeración. En segundo lugar, la red de abastecimiento público de agua podría ser un actor muy importante en la proliferación y dispersión de *Legionella*. **Sin embargo, el informe oficial del Gobierno polaco**

**ha descartado que esta red de distribución haya sido la causante del brote y que las torres de refrigeración (que fueron inspeccionadas y muestreadas por primera vez) estuvieran implicadas.** Resulta difícil creer que otras instalaciones de riesgo podrían haber sido la fuente de infección responsable de esta crisis.

Inicialmente, en la investigación ambiental llevada a cabo por el Ministerio de Sanidad polaco, se verificó el papel que había podido jugar la red municipal de suministro de agua, ya que se confirmó la presencia de la bacteria en algunas muestras del sistema de abastecimiento de Rzeszów. Este hallazgo puso en marcha a la agencia de seguridad del país ABW, que investigó la situación con el fin de descartar que la ciudad pudiera haber sido objeto de una contaminación deliberada. De hecho, el viceministro de Servicios Especiales del Estado [declaró](#) que los intentos de Rusia de sembrar el “pánico” entre los aliados de Ucrania, eran uno de los asuntos para tener en cuenta en el origen del brote.

Generalmente, se considera que los brotes de enfermedades se producen de forma natural y no son el resultado de intentos deliberados de causarlos. Sin embargo, no debería darse siempre por sentado este origen, especialmente cuando el brote aparece en un escenario de conflicto bélico con acusaciones cruzadas sobre el uso de armas biológicas. En ese contexto, desde el comienzo de la guerra, los funcionarios, las redes sociales y los medios de comunicación rusos han tratado de levantar sospechas sobre algunas actividades supuestamente ilícitas en los laboratorios ucranianos de investigación biológica. Por otra parte, Estados Unidos, intensamente implicado en el apoyo a Ucrania, considera que Rusia mantiene un programa ofensivo de armas biológicas y ha expresado su preocupación por la posibilidad de que Moscú lance un ataque con este armamento ([El País, 2023](#)). En este cruce de acusaciones, el medio de comunicación estatal ruso [RIA Novosti](#) afirmó que el brote de legionelosis podría haber sido una operación de Estados Unidos diseñada para acusar posteriormente a Rusia de utilizar armas biológicas. Los servicios de seguridad polacos se han mantenido herméticos, limitándose a informar que están llevando a cabo una investigación rutinaria sobre una “posible acción intencionada”, pero los resultados aún no se han hecho públicos. Esta actitud no ayuda a aclarar las dudas que puedan plantearse respecto a una posible guerra biológica y, por ello, la incertidumbre puede acrecentarse en un escenario de desinformaciones y “fake news”.

Finalmente, todo este ocultismo, la dificultad en encontrar la fuente de la infección, la magnitud y explosividad del brote, en un país con escasa experiencia y conocimiento de la enfermedad, hace que la sospecha de que esta situación inesperada sea obra de un ataque bélico se alimente por sí sola.

### **¿Podría contaminarse de forma intencionada el suministro público del agua?**

Los abastecimientos de agua y los sistemas de distribución representan objetivos potenciales para la actividad terrorista ([Dan Kroll et al, 2010](#)) y, por desgracia, existen bastantes antecedentes de ataques con elementos tóxicos vertidos a la red en el mundo ([Del Valle, 2019](#)). Estas infraestructuras pueden ser objetivo tanto de manera directa, como a través de ciberataques, debido a la creciente automatización de los sistemas. En España, desde 2006, muchas instalaciones hidráulicas se han incluido en el Catálogo Nacional de Infraestructuras críticas.

Se hace difícil pensar que en una contienda bélica se opte por contaminar la balsa de una torre de refrigeración o un depósito de agua potable con una dosis de *Legionella* necesariamente elevada. La Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) ([Torrades, 2002](#)) menciona 31 organismos con una potencialidad real de ser armas biológicas, tales como la viruela, el ántrax, la peste, el botulismo, el tifus, la fiebre Q, la encefalitis equina venezolana, el ébola y la gripe, entre otros. De estos, la viruela y el ántrax parece que son los que más fácilmente pueden convertirse en eficaces armas biológicas. En esta relación no figura *Legionella*.

Sin embargo, la falta de información, una vez más, nos deja en el limbo de la incertidumbre y de ningún modo podremos afirmar cuál ha sido la verdadera causa de este brote de legionelosis. No sabemos, hasta ahora, qué instalación ha sido la fuente de infección, ni tampoco conocemos los entresijos y letalidad de las nuevas armas biológicas sustentadas en la biotecnología y la ingeniería genética. Todo parece indicar que se repite la historia. Al igual que en 1976, en la ciudad de Filadelfia (en la gestión del brote que permitió el descubrimiento de la enfermedad), se investigó la posibilidad de un ataque terrorista, interviniendo el propio FBI. Y volvemos a hacernos las mismas preguntas que se harían los epidemiólogos de entonces. ¿Estamos de nuevo en 1976?, ¿es la ciudad de Rzeszów la Filadelfia polaca de la legionelosis?

### **LAS AGUAS RESIDUALES, DE CRECIENTE Y ANGUSTIOSO PROBLEMA A VALIOSO RECURSO NATURAL (por RJGV)**

Más de una década después del informe publicado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), a cuyo extenso título se llamó de forma abreviada [The Sick Water Report](#), es muy poco lo avanzado. Por contra es mucho lo que han avanzado factores negativos para una solución global al creciente aumento de la contaminación y del volumen de las aguas residuales, como son la aceleración del cambio climático y el aumento de la población mundial y su urbanización. La

extensión de los períodos de sequía en zonas áridas está provocando desplazamientos poblacionales a grandes urbes, lo que concentra la contaminación y satura la capacidad de resistencia de los ecosistemas acuáticos adyacentes y aguas abajo en las corrientes fluviales. De otra parte, continúa el crecimiento exponencial de la población mundial, con una estimación de unos 2 000 millones en el año 2050, lo que sumará 10 000 millones, con el consiguiente aumento de las cantidades de agua sin tratar vertidas al medio natural. Este crecimiento, con especial énfasis en urbanización, se estima que será más intenso en los países en desarrollo, justo los peor dotados de sistemas de potabilización y tratamiento de todo tipo de aguas.

### **Pérdida de biodiversidad y amenaza a la Salud Pública**

Las aguas residuales son reconocidas como uno de los principales responsables de la pérdida de biodiversidad y mayor amenaza a la salud pública, que por igual afecta a ecosistemas vulnerables y a comunidades o individuos en riesgo. Se calcula que **solo es reutilizado el 11 % de las procedentes del ámbito doméstico e industrial**. Y, sin embargo, el potencial sin explotar para reutilización es de alrededor de 320 000 millones de m<sup>3</sup>/año, una cantidad 10 veces mayor que la producida actualmente a nivel mundial para abastecimiento mediante desalinización. Además, con las recientes crisis o las aún más severas amenazas que se auguran por insuficiente disponibilidad de agua y alimentos, más la de energía, el reciente informe del UNEP considera que *“no se puede perder ni una gota”*. En esta ocasión el informe lleva por título *Wastewater. Turning Problem to Solution*. Siguiendo sus líneas generales, se cambiaría la negativa percepción de las aguas residuales por otra que, bien gestionada la tecnología presente y futura, ya vaticina un **alto potencial de disponibilidad de agua limpia, energía, nutrientes e incluso muchos otros productos**, una vez caracterizado el contenido de cada tipo de agua residual. El documento destaca, además, la contribución que supondría a la equidad de género, puesto que en países de baja renta las mujeres están más expuestas al contacto con aguas residuales o de dudosa potabilidad y, por tanto, contraer enfermedad y/o ser el transmisor primario de ella, por su mayor dedicación a las tareas domésticas.

### **Ya hay logros en Economía Circular**

El informe no niega la dificultad que supone cambiar la percepción negativa de este desecho y la ingente empresa de desarrollar procesos que hasta ahora solo son proyectos piloto, aún costosos, que además deberían dar paso a otros de bajo coste. Tampoco olvida que la necesidad de financiación para las nuevas plantas de tratamiento que resultaran, más la formación y capacitación técnica de profesionales, todo ello a nivel global. Pero ya hay logros en estas dos

facetas, la de percepción positiva de la población y la meramente tecnológica de capacidades. Es el caso de la **reutilización de aguas regeneradas**, en principio para regadío, que hace décadas se iniciaron en zonas semi-áridas de California y en la propia costa mediterránea española. El reciente Reglamento UE 2020/741, sobre requisitos mínimos de ese agua para el riego agrícola, ha impulsado el ahorro, la economía circular y la aceptación de los productos agrícolas por el consumidor, ofreciendo garantía sanitaria que evite barreras comerciales basadas en un rechazo infundado [Léase el análisis que hace el Prof. Rafael Mujeriego, uno de los líderes mundiales en esta área, en el [número de junio-2021, en esta misma sección de RSA](#)]. Citemos, además, el caso de California en que, durante los siete años de sequía extrema que padeció, varias pequeñas poblaciones construyeron instalaciones de potabilización directamente conectadas al efluente de las plantas de residuales, para a continuación introducir el agua ya potabilizada en las redes de distribución urbana. Distinto es el caso del aprovechamiento de los productos contenidos en esas aguas, como fertilizantes inorgánicos o una mejora de los lodos usados para agricultura; o el de neutralidad en emisiones de gases de efecto invernadero, o más aún de obtención de energía en las plantas depuradoras convencionales. Se requerirá de nuevos diseños, que se estudian desde hace años.

En este proyecto ya se adelantó la U.E. con la publicación de su ambicioso *European New Deal* (Pacto verde europeo, 2019), que incluye Economía Circular del agua, según [documento de la Agencia Europea del Medio Ambiente](#) (2022) [Léase el [número de diciembre-2022, en esta misma sección de RSA](#)]. Uno de los proyectos más ambiciosos y recientes es el de [construcción por Severn Trent](#) de una planta de residuales que reunirá todas estas operatividades. Con un presupuesto de 40 millones de libras esterlinas, lo ejecuta un consorcio de empresas de Reino Unido, Irlanda, Holanda y Australia, todas líderes en campos diversos pero complementarios para este fin, como recoge el portal [www.iagua.es](http://www.iagua.es).

### **EVALUACIÓN DE RIESGO DE CÁNCER POR ASPARTAMO. IARC Y JECFA SE PRONUNCIAN SOBRE LA CONTROVERSIA (por RJGV)**

El aspartamo es obtenido mediante síntesis a partir de los aminoácidos fenilalanina y ácido aspártico, esterificado este con metanol. Es pues, un dipéptido y aun así considerado como edulcorante no calórico, por su bajísimo valor a las muy bajas cantidades en que se emplea. Su mayor éxito se debió a su sabor dulce *“limpio y sin sensación residual”*, que se potencia combinado con sacarina y/o ciclamato. A ello se añadió una mayor aceptación popular al considerar que sus dos aminoácidos —uno de ellos, además, del grupo de los llamados esenciales— le conferían un carácter *más natural*. Fue evaluado por primera vez y autorizado en 1981 por la FDA

(*Food & Drug Administration, USA*) y subsiguientemente en muchos otros países. También lo hicieron en 1984 el JECFA (*Joint Expert Committee on Food Additives*, de FAO/OMS) y el antiguo SCF (*Scientific Committee on Foods Additives*, de la CE). A ellas sucedieron varias reevaluaciones. Como resultado, todas establecieron un valor de IDA de 40 mg/kg de pc y día, el mismo que la primera evaluación. La [reevaluación de EFSA](#) (*European Food Safety Authority*) de 2013, la más reciente y hasta hoy, no encontró toxicidad aguda, sub-aguda ni sub-crónica, ni resulta adverso en los ensayos de genotoxicidad *in vivo* e *in vitro*, o en los de carcinogenicidad. Un solo estudio encontró en rata y ratón indicios que apuntaban a carcinogenicidad en cerebro; otro epidemiológico postulaba cierta asociación de aspartamo y cáncer de cerebro en humanos. Ambos fueron desestimados por EFSA.

### Las investigaciones de Instituto Ramazzini

Entre los años 2006 y 2020 varios estudios publicados por el [Instituto Ramazzini](#) advertían del hallazgo de tumores en múltiples órganos de ratas y ratones, en una frecuencia que aumentaba con la dosis de aspartamo. Esta institución de investigación sin ánimo de lucro, en sus criterios de excelencia en metodología investigadora se precia de extender el período de experimentación animal de roedores desde la etapa prenatal, al menos hasta las 130 semanas de vida y no las 110 que más frecuentemente se usan. Estas 110 semanas representan aproximadamente 2/3 de la vida y equivalen a los 60 a 65 años de edad en humanos, edad a partir de la que se diagnostica el 80 % de los cánceres en humanos. Y a partir de ahí se instaura una controversia de años de duración, entre expertos que cuestionan la metodología usada o la interpretación de los resultados, o ambas cosas. [EFSA negó crédito a sus resultados en su reevaluación de 2013](#).

### Se inicia la controversia

En enero del año 2021, dos reconocidos investigadores en cáncer publicaron un comentario en [Environmental Health](#), con alegaciones en principio a favor de la tesis del Instituto Ramazzini, urgiendo a emprender un estudio epidemiológico amplio, que complementara los resultados de experimentación animal. Manifestaban además que la IARC había encargado poco antes una investigación que debía estar concluida en dos años y medio. Pero en enero de 2023 cinco investigadores, que se identifican como expertos patólogos, de cinco diferentes instituciones académicas y hospitalarias de Estados Unidos publican en [Food and Chemical Toxicology](#) un artículo de revisión, denunciando de nuevo la inconsistencia de los resultados del Instituto Ramazzini, o al menos la imposibilidad de alcanzar una conclusión segura con el diseño experimental de varios de sus estudios. Solo uno o dos meses después, en este mismo año 2023, en una brevísima nota sin fecha exacta colgada en su sitio web, manifestó la IARC que nunca antes había evaluado el riesgo de cáncer del aspartamo en el [programa de sus IARC Monographs](#), y que dada la

disponibilidad de nuevos resultados de investigación había sugerido al *IARC Monographs programme* y al JECFA emprender urgentemente una evaluación de riesgo, de forma simultánea aunque complementaria entre ambos organismos, con el objetivo puesto en su publicación durante el mes de junio.

### Un necesario dictamen final y evaluación de riesgo

Entre los días 6 y 13 de junio de 2023 se reunieron en Lyon, sede de la IARC, los 25 miembros del Grupo de Trabajo constituidos *ad hoc* entre científicos de 12 países para evaluar los estudios publicados en todo el mundo sobre la carcinogenicidad de aspartamo. En el documento publicado el 13 de julio como noticia por [The Lancet Oncology](#), se da cuenta de que también lo hicieron sobre metileugenol e isoeugenol. Son estos dos compuestos presentes en un cierto número de plantas aromáticas (especialmente abundante es el primero, en unas 350 especies), muchas de ellas tradicionalmente añadidas como saborizantes y aromatizantes de alimentos, pero sobre todo están presentes en los aceites esenciales obtenidos de ellas y usados en la formulación de perfumes. Metileugenol fue clasificado en el grupo 2A (*"probablemente carcinogénico en humanos"*) e isoeugenol en el grupo 2B (*"posiblemente carcinogénico en humanos"*). Sin embargo, el interés en el ámbito alimentario y de consumo estaba en el aspartamo, por lo que correspondía al JECFA la evaluación de riesgo. Hay que tener en cuenta que el IARC solo dictaminaba sobre exposición a una molécula, un fenómeno físico, una mezcla compleja o una actividad, que actúe por cualquier vía o forma de exposición. Debía ahora JECFA hacer la evaluación de riesgo sobre los alimentos, estimar la ingesta y frecuencia de consumo más probable y máxima, y dividirlo por el factor de seguridad que considerara, estableciendo en su caso un nuevo valor de IDA. **La IARC lo había clasificado en el grupo 2B (*"posiblemente carcinogénico en humanos"*)**, basándose en su limitada evidencia de cáncer en humanos (en particular para el hepatocelular); también su limitada de cáncer en animales de experimentación y en su limitada evidencia mecanística (*el cómo*, es decir, reconocer un posible mecanismo causante del cáncer). El término *"limitada"* significa *"no convincente"*. Como es bien sabido, esta clasificación muestra la fuerza de la evidencia y no la probabilidad de causar cáncer a un determinado nivel de exposición. Fue enviado al JECFA, que en su reunión del 27 de junio al 6 de julio lo estudió, realizando su evaluación de riesgo en alimentos, cuyo [resumen publicaron conjuntamente](#). Y concluyó que no es convincente la evidencia de una asociación entre consumo de aspartamo y cáncer en humanos. Y que se necesita más investigación, de ensayos aleatorizados con cuestionarios de consumo y estudios mecanísticos concretos, por lo que no pasará demasiado tiempo para que veamos una nueva evaluación de riesgo. **JECFA reafirmó su anterior IDA de 40 mg/kg pc y día**. Y ambos organismos emitieron un [comunicado de prensa](#)

[conjunto](#), del que cabe destacar una inusual claridad y un afán pedagógico y divulgativo de sus procesos de evaluación y de sus resultados.

### SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS EN ENVASES ALIMENTARIOS PLÁSTICOS REICLADOS Y REUTILIZABLES (por OMJ)

Los plásticos son materiales químicamente muy complejos constituidos por cientos de compuestos sintéticos diferentes, cuyas propiedades peligrosas a menudo se encuentran poco caracterizadas y de los que en muchos casos se desconoce incluso su identidad química. Se ha comprobado que buena parte de esos componentes se transfieren desde los envases a los alimentos mediante el proceso conocido como migración, lo que ha sido objeto de estudio en más de 800 publicaciones científicas ([Geueke et al. 2022](#)). Existe una preocupación creciente, especialmente en el caso del plástico reciclado cuyos componentes de origen pueden acumularse en el material reciclado y migrar a los alimentos, con la consiguiente exposición crónica del consumidor. La *Food Packaging Forum Foundation* (FPF) ha publicado recientemente una breve pero completa monografía, [Hazardous chemicals in recycled and reusable plastic food packaging](#), con evidencias de esa migración de FCCs (*Food Contact Materials*) en materiales poliméricos frecuentemente reutilizados, como poliamida (PA), resina de melamina (MelRes), policarbonato (PC) y polipropileno (PP), o que contienen material reciclado, como es el caso del PET (*Polyethylene terephthalate*). Los autores parten de la base de datos de sustancias migrantes y extraíbles en contacto con alimentos ([Geueke et al., 2022](#)), FCCmigex (*Migrating and Extractable Food Contact Chemicals*), creada por ellos mismos (FPF).

#### PET reciclado

Ha sido muy utilizado para este fin durante más de 20 años, con un incrementado uso para bebidas por haberse desarrollado eficaces procesos de reciclaje botella a botella, para los que a su vez se han desarrollado procesos de descontaminación de sus componentes no deseables. Sin embargo, existe evidencia experimental de que el PET reciclado contiene contaminantes químicos que, una vez introducidos en esos procesos, pueden migrar desde los envases a las bebidas. Y así, la presencia de material reciclado se ha relacionado con la migración de sustancias como benceno y estireno (dos sustancias químicas carcinogénicas), bisfenol A (BPA, un alterador endocrino) ([Thoden van Velzen et al., 2020](#)), así como antimonio (Sb), acetaldehído y otros alteradores endocrinos, como ésteres de ftalatos ([Gerassimidou et al., 2022](#)).

#### Poliamida, polipropileno, policarbonato y resinas de melamina

Los FCCs detectados en migraciones y extractos de PA, PP, PC y MelRes se pueden categorizar en sustancias de partida, es decir, monómeros y aditivos plásticos,

y en NIAS (*Non Intentionally Added Substances*), como son los contaminantes y los propios productos de reacción y degradación. En PC y MelRes, las sustancias más frecuentemente detectadas son: BPA, melamina y formaldehído, lo que los autores consideran un indicio claro de la inestabilidad de sus respectivos polímeros, los cuales serían degradados a su paso por las etapas de limpieza y reutilización, dando lugar a la liberación y migración de los monómeros constituyentes. Además, existe evidencia de que PC y MelRes se degradan una y otra vez a lo largo de los ciclos de uso repetido, habiéndose observado un incremento en los niveles de migración de sus monómeros cuando los ensayos se efectúan más de tres veces. Respecto a PA, existe evidencias claras sobre la presencia de subproductos, comúnmente, oligómeros cíclicos, de los que se han constatado concentraciones decrecientes tras efectuar tres ensayos de migración subsecuentes, desconociéndose no obstante si estos niveles podrían incrementarse por degradación en períodos de uso más largos. Según resaltan los autores, tales supuestos no se recogen en la legislación actual sobre FCM plásticos, en la que solamente se establecen tres ensayos de migración para los objetos de uso repetido ([Reglamento \(UE\) 10/2011](#)). Por otro lado, en relación con la degradación de antioxidantes en PP y otras poliolefinas destacan dos productos de degradación típicos: 2,4-DTBP (2,4-di-tert-butylphenol) (CAS: 96-76-4) y 2,6-DTBQ (2,6-di-tert-butylbenzoquinone) (CAS: 719-22-2), que resultan especialmente preocupantes para los investigadores del aludido grupo de investigación, FPF. El primero, 2,4-DTBP, se encuentra bajo evaluación como alterador endocrino ([ECHA's Endocrine disruptor assessment list](#)); para el segundo, 2,6-DTBQ, los datos existentes, todavía limitados, denotan una potencial peligrosidad como carcinógeno.

#### Perspectiva de investigación: bioensayos

Los autores de esta revisión plantean que, si bien deben valorarse muy positivamente las evidencias obtenidas en esta área de investigación, la cuestión radica ahora en cómo utilizar toda esta información para incrementar la seguridad de los FCM plásticos, teniendo en cuenta que no se conocen datos de peligrosidad para muchos de ellos ni tampoco resulta viable ensayarlos uno a uno. En el futuro, una solución podría ser la implementación de bioensayos de forma regular para estos FCC migrantes y extractos de FCMs ([Groh and Muncke, 2017](#)). En conclusión, esta monografía aporta evidencias sobre el incremento de las tasas de migración provocado tras el uso prolongado y/o repetido de algunos FCM plásticos, advirtiendo del peligro de introducción de sustancias químicas peligrosas conocidas y desconocidas durante el reciclado.