





En el centro, letra del alfabeto mandarín que representa el agua.

Crónica del Décimo Congreso *Off-Flavours* de la IWA

El conocimiento sobre gustos y olores del agua crece exponencialmente

Ricard Devesa Garriga ingeniero químico, responsable del Área de Química, Dirección de Calidad del Agua de Aigües de Barcelona, Empresa Metropolitana de Gestió del Cicle Integral de l'Aigua

Recientemente, del 27 de octubre al 1 de noviembre pasados, ha tenido lugar en Tainán (República China de Taiwán) la última edición del Congreso IWA sobre Gustos y Olores en el Medio Acuático (Tenth IWA Symposium on Off-Flavours in the Aquatic Environment), organizado por el Departamento de Ingeniería Ambiental y el Centro de Investigación sobre la Calidad Global del Agua, ambos pertenecientes a la Universidad Nacional Chen Kung de Tainán (NCKU), y el grupo especialista de gustos y olores de la IWA. El profesor Tsair-Fuh Lin, catedrático de ingeniería ambiental de la NCKU, actuó como *chairman*. En la presente edición, el congreso ha contado con la asistencia de más de 160 participantes procedentes de 26 países distintos. La participación más numerosa correspondió a la República Popular China, seguida de otros países asiáticos: Taiwán (el país anfitrión), Japón y Corea. Este hecho obedece a dos razones. Por una parte, como suele ser habitual, la proximidad geográfica. Y por la otra, el enorme interés que los temas de gustos y olores despiertan en China. El despegue económico que ha experimentado este país en los últimos años ha propiciado que la potabilidad del agua del grifo se dé ya por hecho y que se preste cada vez más atención a su calidad organoléptica y a su afectación por episodios de olor y sabor. El número de trabajos e informes publicados en los últimos tiempos son una prueba inequívoca de ello.



Los campos de investigación del profesor Lin tienen lugar en dos líneas principales: identificación y tratamiento de las dañinas cianobacterias y sus metabolitos en agua de bebida, y el desarrollo de la adsorción y otras técnicas avanzadas para el tratamiento de aguas subterráneas contaminadas. Para el primero, su equipo ha desarrollado métodos ópticos, químicos y de biología molecular para la cuantificación de cianobacterias y sus metabolitos. Para el segundo, ha aplicado diversas técnicas fisicoquímicas para el tratamiento de contaminantes y también métodos de simulación con modelos apropiados.

Tal como se indica en el mensaje de bienvenida a los asistentes, en sus 31 años de historia este congreso "ha proporcionado una plataforma interactiva para científicos, ingenieros, profesionales de empresas de abastecimiento y estudiantes para intercambiar y compartir sus descubrimientos y soluciones con el fin de satisfacer la demanda continua de agua de bebida de calidad y un medio acuático libre de contaminación". Y con el apoyo de los participantes, el simposio podrá continuar con la "misión de mejorar la calidad y el buen sabor del agua en todo el mundo".

A lo largo de sucesivas ediciones [2,3], el ámbito del congreso se ha extendido de los recursos naturales de agua y su potabilización a otros medios integrantes del ciclo integral, como las aguas residuales, los fangos de depuración y los olores en plantas depuradoras urbanas e industriales. Y en un sentido más amplio, a otras matrices relacionadas con el medio acuático, como el pescado producido en las instalaciones de acuicultura.

En esta ocasión, el programa científico se compuso de 45 conferencias orales, 8 de ellas ponencias clave o *keynotes*, además de un número considerable de las tradicionales presentaciones tipo póster. Las conferencias clave sirvieron para conocer el estado de la cuestión de distintas problemáticas del sector del agua, a cargo de reconocidas autoridades en la materia.

Las sesiones de ponencias orales estuvieron dedicadas a un amplio abanico de tópicos, lo cual demuestra el carácter multidisciplinar del congreso: *off-flavours* en recursos de agua; biología y métodos de biología molecular; tratamiento del agua; métodos analíticos y control; *off-flavours* en otros medios; y gestión de gustos y olores.

El programa del congreso se completó con una visita técnica a la planta potabilizadora de Kaohsiung. El tratamiento de esta moderna instalación, que capta el agua del lago Chen Ching, comprende las etapas de preozonización, floculación-coagulación, ablandamiento, filtración por arena, ozonización, filtración por carbón activo y postcloración.

La ciudad de Kaohsiung, segunda metrópoli y primer puerto de Taiwán, era conocida por la insuficiente garantía sanitaria del agua del grifo. Ahora, con la puesta en marcha de la nueva planta, el agua de la ciudad es totalmente segura, y es una prueba fehaciente del enorme avance que en el terreno del agua potable ha experimentado Taiwán en los últimos años. La conocida *Guía Michelin* (Guide Vert), en su edición de 2012, todavía previene a los viajeros que el agua de la ciudad no debe beberse ni incluso después de hervirla. Esperemos que esta información se corrija adecuadamente en la próxima edición.

Programa técnico

Se comenta a continuación una reducida selección de los trabajos presentados al congreso, representativos de las distintas temáticas tratadas. Para disponer de información del resto de comunicaciones se remite al lector al libro de resúmenes del simposio [4].

Eliminación intensificada de 2-MIB y geosmina mediante carbón activado en polvo suprafino: evidencia de una adsorción *shell*

Matsui, Y. *et al.*, Universidad Hokkaido, Sapporo (Japón). Este trabajo, que sigue una línea de trabajo consolidada de este equipo de investigación desde hace varios años, se basa en el uso de un carbón activo pulverizado suprafino (SPAC), de tamaño de partícula por debajo de la micra, producido por un novedoso proceso de micromolienda en húmedo.

La adsorción de estas dos sustancias se estudió por microscopía isotópica empleando compuestos deuterados y visualizando el mapaje de la relación deuterio/hidrógeno. La extremadamente alta adsorción de ambos compuestos por el SPAC fue correctamente modelizada por una combinación del modelo cinético del poro ramificado y del modelo de adsorción *shell*, según el cual la difusión a

Sesión del congreso sobre recursos de agua.



Visita a la planta potabilizadora de Kaohsiung.



través de los macroporos es seguida de una difusión del macroporo al microporo. Para un tiempo de contacto de 60 minutos, el diámetro crítico fue de 2-2,5 micras para el MIB y de 0,4-0,5 para la geosmina.

La aplicación de estos carbones SPAC es muy prometedora tanto en el terreno de los gustos y olores como en el del tratamiento en general.

ETBE: definición de un objetivo de tratamiento y eliminación en la producción de agua potable mediante procesos convencionales

Piriou, P. *et al.*, Suez Environment (Le Pecq, Francia), Universidad de California-Los Ángeles (UCLA), United WERCs (Oradell, USA). MTBE y ETBE son ampliamente utilizados como aditivos para aumentar el índice de octano en gasolinas sin plomo. Ambos productos son notablemente peligrosos para la salud de las aguas subterráneas dadas las enormes cantidades implicadas, su gran solubilidad en agua y su baja volatilidad y biodegradabilidad. Se han constatado diversos episodios de contaminación de acuíferos, sobre todo en Francia y Estados Unidos (donde es el segundo contaminante más frecuente en aguas subterráneas urbanas), que adquieren una alarmante olor a disolvente. El objetivo del presente trabajo radica en fijar unos objetivos de tratamiento para el ETBE, a la vez económicamente viables y que proporcionen un producto aceptable para los consumidores.

El umbral de olor según el método tradicional del test triangular en concentraciones ascendentes se estableció en 0,3 µg/l, muy por debajo de cualquier consideración de toxicidad. También se calcularon los umbrales de identificación y de rechazo, a la vista de lo cual se estableció el *target* de tratamiento en 1,5-3 µg/l. Teniendo en cuenta la experiencia previa con el MTBE, se propone el intercambio líquido-gas (*stripping*) como el proceso más adecuado para la eliminación de ETBE. La filtración por

Conducciones de aguas sulfurosas en Beitou Hot Springs a pH < 1 (la plaza de jefe de distribución está vacante).



carbón activo se considera como etapa de afino, posterior al *stripping*, dado que su uso a solas conduciría a unos altos gastos de explotación a causa de la corta vida del carbón.

Presencia de geosmina y MIB en agua y pescado en sistemas de recirculación de acuicultura en Dinamarca (trucha arco iris) y en balsas de agua dulce en Bangladesh (panga y tilapia)

Jorgensen, N.O.G. *et al.*, University of Copenhagen (Dinamarca) y Universidad Técnica de Patuakhali (Bangladesh). Este trabajo aborda la problemática de los olores y sabores indeseables en pescado, y es muy interesante dado que cubre dos situaciones extremas de acuicultura: grandes instalaciones a baja temperatura, piscifactorías de trucha en Dinamarca; y pequeños estanques a alta temperatura, cría de panga y tilapias en Bangladesh. En ambos casos el origen de los problemas se atribuyó al biofilm que se forma en las paredes de los estanques.

En la piscifactoría de Dinamarca se obtuvieron buenas correlaciones entre contenidos de geosmina y MIB (2-Metilisoborneol) en el agua y en el pescado, y entre las valoraciones FPA (*Flavour Profile Analysis*) y las determinaciones analíticas. Se dedujo que concentraciones por debajo de los 10 ng/l de ambos compuestos no producían ningún cambio detectable en la calidad del pescado (es decir, del mismo orden que el límite aceptable para el consumo humano). El sabor a geosmina en el pescado se detecta a partir de los 100-200 ng/kg.

En los estanques de Bangladesh no se presentaron problemas serios debidos a geosmina y MIB. Además, la estancia del pescado en balsas de depuración durante 48 horas contribuía a eliminar posibles defectos en el producto. No obstante, se detectaron a nivel de traza gran número de compuestos orgánicos (disolventes orgánicos,



terpenos y PAH -hidrocarburos aromáticos policíclicos-) cuyo origen y comportamiento son objeto de un estudio en curso.

Comparando el sabor y la química de manganeso y hierro: ¿son lo mismo o diferentes?

Sain, A. y Dietrich, A., Virginia Tech, Blacksburg, Virginia (USA). El hierro y el manganeso son elementos que suelen ir de la mano, tanto en su origen fundamentalmente en aguas subterráneas, como en las tecnologías empleadas para su eliminación. Ambos elementos también suelen estar regulados debido a que producen problemas de color y de sabor metálico o amargo. Los resultados del trabajo demuestran que la sensibilidad frente al manganeso es muy inferior que frente al hierro. Ello es debido a que el manganeso, tanto Mn(II) como Mn(IV), no producen oxidación lipídica en la saliva, al contrario que el hierro divalente (lo que explica su sabor metálico). El manganeso no tiene un sabor definido y el consumidor no es capaz de detectar concentraciones potencialmente peligrosas de Mn(II) por su sabor (ni su color).

Elección de tecnología de tratamiento para tres agentes odoríferos a nivel de trazas: metoxipiracinas y TCA

Li, X. *et al.*, Tsinghua University, Pekín (China). Tras geosmina y MIB, los dos compuestos estrella en el mundo de los episodios de sabor y olor, las metoxipiracinas IPMP (2-isopropil-3-metoxipiracina) e IBMP (2-isobutil-3-metoxipiracina) y el TCA (2,4,6-tricloro anisol), ocupan un lugar destacado en cuanto a ubicuidad y relevancia. El trabajo consistió en la obtención de las isotermas de Freundlich y dejó patente que la dificultad de eliminación por carbón activo seguía la secuencia siguiente en orden creciente: TCA, IBMP y IPMP. Este comportamiento es explicable por su diferente polaridad, como indican sus respectivas constantes de reparto octanol-agua (K_{ow}).

Sesiones de cata con consumidores: un buen argumento para el consumo de agua del grifo

García, V. *et al.*, Aguas de Barcelona y Aqualogy (Barcelona). Las ventas de agua embotellada y de dispositivos domésticos de tratamiento continúan creciendo en Europa. Las compañías de suministro público han hecho en los últimos años un notable esfuerzo en mejorar la calidad del agua distribuida, en particular en relación a su sabor. No obstante, un sector importante de la población continua siendo reacio al consumo de agua del grifo para beber y cocinar.

Ceremonia y cata de té (bebida con más de un 99 % de agua).



Las catas ciegas de aguas, minerales y del grifo conjuntamente, han demostrado ser muy útiles para combatir el mito de que el agua embotellada siempre tiene mejor sabor que el agua de red. Algunos consumidores se sorprenden al conocer el origen de las muestras que han evaluado. Y también queda claro el carácter personal y subjetivo de las preferencias en cuanto a los niveles de mineralización.

Así mismo, de la interacción con los consumidores durante el desarrollo de las sesiones, surgen otras razones para la valorización del agua del grifo: menor impacto sobre el medio ambiente, precio y garantía sanitaria.

Evaluación del tratamiento de olores sulfhídricos por un biofiltro con conchas marinas

Abraham, S.M. *et al.*, UCLA y Distrito Sanitario del Condado de Nevada (USA). El uso de biofiltros en las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) es cada vez más frecuente. El trabajo presenta los resultados del uso de uno de ellos, a escala piloto, constituido por conchas marinas (ostras y mejillones, enteras, sin triturar o pulverizar) para reducir la presencia de diversos compuestos orgánicos volátiles (COV) en la balsa anaeróbica de una planta de California. Los compuestos principales causantes de los malos olores se identificaron como sulfuro de hidrógeno, metilmercaptano y sulfuro de dimetilo. El seguimiento de estos compuestos se realizó por medio de bolsas Tedlar y cromatografía de gases.

El biofiltro ensayado se mostró muy efectivo, reduciendo de forma generalizada estos compuestos y otros hasta niveles prácticamente imperceptibles. Además, también contribuyó a la estabilización del pH (*buffering*) de los caudales a tratar. En los biofiltros se detectó la presencia de aldehídos, a concentraciones por debajo de su umbral

de detección organoléptica, pero que eran indicativos de actividad biológica.

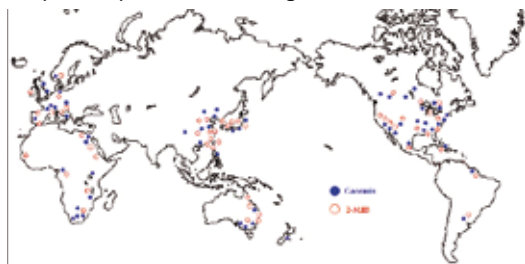
El interés asiático

Gran parte de la población de China continúa con la costumbre de hervir el agua antes de su consumo. Está claro que es un derroche energético que no tiene justificación en la mayoría de los casos, sobre todo en los abastecimientos de las grandes ciudades, pero es difícil luchar contra los hábitos adquiridos.

En la **Figura 1** se presentan los lugares en donde la literatura indica que se han constatado episodios de geosmina y 2-MIB, de largo los dos agentes odoríferos más habituales en los recursos de agua. Obviamente se han dado muchos más que no se han referenciado en la bibliografía. De hecho, el mapa adjunto es más indicativo de las zonas en las que se presta atención a estos episodios que no de aquellas donde son habituales. Norteamérica, Europa, Australia y Japón han sido las zonas más interesadas en esta problemática, a las cuales China se ha añadido en los últimos años y a la escala habitual de todo lo que afecta a este país. Sin duda, un severo episodio en el lago Taihu que obligó a cerrar durante una semana la distribución de agua a la importante (y turística) ciudad de Wuxi en verano de 2007, provocó la concienciación de la importancia de estos eventos y de las graves consecuencias que pueden acarrear.

Según uno de los estudios presentados al congreso, centrado en China en el periodo 2009-2011 [6], cubriendo 127 plantas potabilizadoras de 35 ciudades importantes, un 80% de los recursos de agua presentaron episodios de olor. Este porcentaje descendió al 45% en el agua tratada. Las muestras de río se asociaron preferentemente con los descriptores podrido y séptico, mientras que las de lagos o embalses correspondieron fundamentalmente a olores derivados de las algas, tierra y moho, principalmente. Otro estudio de similares características realizado en Japón durante 2010-2012 [7], sobre un universo de 228 plantas distribuidas por todas las regiones

Localización de los episodios publicados debidos a geosmina y 2-MIB durante el periodo 1983-2011. Preparado por De Wei Chang, en la referencia 5).



del país, indicó que el 36% de las instalaciones sufrieron algún episodio. Los descriptores principales de estos episodios fueron tierra y moho, pescado y pepino. Las especies causantes fueron principalmente cianobacterias como *Anabaena spp.* y *Phormidium spp.* Otros estudios se han centrado en *case studies* particulares en varios países asiáticos, tal como se indica en la **Tabla 1**.

Temas clave

El tema de los gustos y olores está experimentando un crecimiento que, sin exagerar, puede catalogarse de exponencial. Algunos temas han sido tratados por varios trabajos y tienen todavía un amplio recorrido para el futuro. Entre ellos se pueden citar los siguientes.

Biología: intra vs. extracelular

Los compuestos odoríferos intracelulares están asociados a la materia particulada mientras que los extracelulares se encuentran en fase disuelta. Las proporciones relativas de estos compuestos en estas dos localizaciones distintas a nivel celular tienen importantes implicaciones en los tratamientos de potabilización y en la gestión de los episodios. Conviene tener en cuenta que el tratamiento del agua con oxidantes, como cloro y ozono, produce la conversión del compuesto intracelular en extracelular. Así mismo, hay ya evidencias que los cianófagos son un factor biológico relevante en el control de las poblaciones de cianobacterias y en la especiación de estos compuestos, al acelerar la transformación de la componente intracelular en extracelular.

Biología molecular

De forma complementaria a la observación al microscopio convencional, la secuenciación del DNA, la PCR (reacción en cadena de la polimerasa) y la PCR en tiempo real son técnicas muy prometedoras para el seguimiento de las dinámicas de cianobacterias y actinomicetos en los recursos de agua. La implementación de estas rápidas y específicas tecnologías puede ser de gran utilidad para la pronta alarma ante la aparición de un episodio.

Cambio climático

Los *blooms* de algas causantes de episodios se han asociado sobre todo a altas temperaturas, países cálidos o países de clima templado en verano. Las previsiones con el cambio climático indican una extensión y proliferación de estos fenómenos. Pero, además, cada vez son más frecuentes los informes sobre episodios en situaciones frías, incluso producidos por algas bajo del hielo de los lagos y embalses.

**Tabla 1.** Algunos episodios recientes en el continente asiático.

Localización	Descriptor	Compuestos	Origen
Río Amarillo (China)	Pescado, podrido		<i>Bloom</i> de algas bajo el hielo
Presa de Aseishigawa, Isla de Honshu (Japón)	Moho	MIB	<i>Phormidium tenue</i> <i>Oscillatoria limnetica</i>
Río Tama, Tokyo, y río Yashino, Nara (Japón)	Moho	MIB	Cianobacterias bénticas <i>Phormidium autumnale</i>
Ciudad del norte de China	Desagradable indefinido, distinto de moho	Piracinas	Posiblemente <i>Phormidium</i> y <i>Oscillatoria</i>
Embalse de Pal-dang, Seul (Corea)	Tierra/moho	Geosmina	<i>Anabaena</i>
Ciudad de Mongolia interior (China)	Pescado	Varios aldehídos y dialdehídos	Diatomeas y la <i>Chrysophyte Dinobryon</i> sp.
Kaohsiung (Taiwán)	Tierra/moho		Algas, actinomicetos, escorrentía de suelos
Lago Dianchi (China)		DMS y DMDS	
Embalse en la Isla de Xiju (Taiwán)		MIB	<i>Psudanabaena</i> sp.
Lago Taihu (China)	Varios	MIB, ciclocitral y β -ionona	<i>Oscillatoria</i> <i>Microcistis</i>

Fisiología del sabor

La oxidación lipídica que se produce en la saliva parece ser la causa del típico sabor metálico (a veces catalogado como ferruginoso) de algunos metales. Se tiene ya información experimental sobre el rol de algunos metales (hierro, manganeso), pero no de otros muy significativos en el terreno hidroquímico.

Minerales que da gusto

Diversos trabajos han puesto de manifiesto que aunque la valoración del sabor de un agua es una cuestión subjetiva (dependiente de los gustos de cada individuo), globalmente puede afirmarse que las aguas muy mineralizadas no son bien apreciadas. Además, se va adquiriendo cada vez mejor conocimiento del papel de algunos cationes y aniones en el sabor del agua. No obstante, la sensación global de un agua viene condicionada por efectos sinérgicos y antagonistas entre especies, por lo que es una disciplina con mucho terreno por recorrer.

Tratamiento: carbones y técnicas de oxidación avanzada (AOP)

Se está trabajando mucho en el desarrollo de tratamientos que permitan eliminar o minimizar los olores y sabores indeseables de los recursos de agua. Por una parte, disponiendo de unos carbones activos cada vez más eficaces y, por otra, mediante procesos avanzados de oxidación empleado distintas combinaciones de técni-

cas: irradiación UV, catálisis con dióxido de titanio, agua oxigenada, ozonización y carbón activo.

Sensibilidad de los paneles FPA

Se ha puesto de manifiesto que distintos paneles evalúan de forma diferente concentraciones parejas de MIB y geosmina. El método de entrenamiento de los paneles descrito en la bibliografía, del *Standard Methods*, contempla un solo punto de la escala para cada compuesto. Algunos participantes han indicado en las discusiones la necesidad de un ejercicio de intercalibración entre paneles sensoriales, siguiendo el modelo de otros alimentos como el aceite o los vinos.

Bibliografía

- [1] <http://www.iwahq.org/86/networks/specialist-groups/list-of-groups/off-flavors-in-aquatic-environment>.
- [2] Devesa, R; Izaguirre, G. (2009). Reflexiones sobre treinta años de investigación en sabores y olores en aguas. Crónica del octavo congreso mundial IWA en Daejeon. Tecnología del Agua, núm. 308, págs. 60-65
- [3] Devesa, R. (2011). Las tecnologías avanzadas de tratamiento permiten mejorar el sabor del agua. Crónica del Noveno Congreso Off Flavours de la IWA. Tecnología del Agua, núm. 333, págs. 67-71.
- [4] 10th IWA Symposium on Off-Flavours in the Aquatic Environment. Program and Abstract Book. Tainán, Taiwán. October 2013.
- [5] Lin, T.F.; Watson, S.; Devesa, R.; Bruchet, A.; Burlingame, G.; Dietrich, A.; Suffet, M- (2012). Off-Flavours in the Aquatic Environment: a Global Issue-Chapter from: Global Trends & Challenges in Water Science, Research and Management. International Water Association (IWA).
- [6] Yu, J.; An, W.; Yang, M. (2013). Drinking water odor problems in China: occurrence and control goal consideration. Incluida en la bibliografía 4.
- [7] Kishida, N.; Sagehashi, M.; Takanashi, H.; Akiba, M. (2013). Nationwide survey of microorganism-related off-flavour problems in Japanese drinking water treatment plants (2010-2012). Incluida en la bibliografía 4. 