

El análisis de aguas residuales con fines epidemiológicos: presente y futuro en España

Wastewater-based epidemiology: present and future in Spain

E. Pocurull¹, R.M. Marcé¹, I. González-Mariño^{2,3}, R. Rodil², R. Montes², A. Estévez-Danta², V. Andreu⁴, L. Bijlsma⁵, A. Celma⁵, F. Hernández⁵, M. López de Alda⁶, E. López-García⁶, Y. Picó⁴, C. Postigo⁶, A. Rico⁷, Y. Valcárcel⁸, J. B. Quintana²

¹Grupo de Cromatografía, Aplicaciones Medioambientales. Facultad de Química. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.

²Departamento de Química Analítica, Nutrición e Bromatología, IIAA. Instituto de Investigaciones e Análisis Alimentarias. Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela.

³Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Salamanca, Salamanca.

⁴Grupo de Investigación en Seguridad Alimentaria y Medioambiental de la Universitat de Valencia (SAMA-UV). Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CSIC-UV-GV).

⁵Instituto Universitario de Plaguicidas y Aguas. Universitat Jaume I, Castellón.

⁶Unidad de Calidad del Agua y Suelos. Departamento de Química Ambiental. Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Barcelona.

⁷Instituto Madrileño De Estudios Avanzados (IMDEA) sobre el Agua. Parque Científico Tecnológico de la Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares.

⁸Grupo de Investigación en Riesgos Ambientales para la Salud y el Medioambiente de la URJC (RiSaMA). Departamento de Especialidades Médicas y Salud Pública. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Rey Juan Carlos, Madrid.

Resumen

El análisis de aguas residuales con fines epidemiológicos es actualmente una herramienta fiable y complementaria a las metodologías basadas en indicadores tradicionales para el control de diferentes sustancias entre las que cabe destacar las drogas. Si bien varios países europeos la utilizan como herramienta de trabajo para la monitorización de drogas de abuso, en España su uso se limita principalmente a estudios realizados por diferentes grupos de investigación, tal y como se describe en el caso práctico puesto de ejemplo en el artículo.

Sin embargo, el potencial de la metodología ha quedado evidenciado en los estudios científicos llevados a cabo tanto a nivel español como internacional y, aunque son necesarios más estudios para llegar a conocer todo su potencial, se prevé pueda ser incorporada como herramienta de trabajo complementaria a las que habitualmente se utilizan.

En este sentido, la Red Española de Análisis de Aguas Residuales (ESAR-Net), creada en 2017 y formada por diferentes grupos de investigación españoles, pretende contribuir al conocimiento y aplicación de esta metodología en España a través de actividades científicas y de divulgación.

— Correspondencia a: _____

Eva Pocurull

e-mail: eva.pocurull@urv.cat



Palabras Clave

Aguas residuales; drogas; epidemiología; España; ESAR-Net.

Abstract

Wastewater-Based Epidemiology is currently a reliable and complementary tool to methodologies based on traditional indicators for the control of various substances such as drugs. Although several European countries use it as a working tool for the monitoring of drugs of abuse, in Spain its use is mainly limited to studies carried out by different research groups, as described in the case study used as an example in the article.

However, the potential of the methodology has been demonstrated in the scientific studies carried out both at the Spanish and international level and, although more studies are necessary to get to know its full potential, it is expected that it could be incorporated as a complementary work tool to those that are usually used.

In this sense, the Red Española de Análisis de Aguas Residuales (ESAR-Net), created in 2017 and formed by different Spanish research groups, aims to contribute to the knowledge and application of this methodology in Spain through scientific and outreach activities.

Key Words

Wastewater; drugs; epidemiology; Spain; ESAR-Net.

I. INTRODUCCIÓN

El consumo de drogas de abuso es actualmente un problema a escala mundial cuyas consecuencias repercuten no sólo en la salud pública, sino también en el bienestar social y económico. En España, se estima que el gasto público relacionado con las adicciones (incluyendo drogas de abuso, alcohol y tabaco) representó el 0,03% del producto interior bruto (PIB) en el año 2014, es decir, unos 333 millones de euros (PNSD, *Informe sobre drogas 2018*). Para poder evaluar el impacto que representa el consumo de drogas de abuso, alcohol y tabaco en una población y desarrollar medidas adecuadas para su prevención y tratamiento, es necesario disponer de datos precisos y actualizados referentes al consumo.

Tradicionalmente, el consumo de este tipo de sustancias se ha estimado a través de encuestas poblacionales. En España, concretamente, se realizan dos encuestas bianuales desde mediados de los años noventa: ESTUDES (encuesta sobre el uso de drogas en Enseñanzas Secundarias en España) y EDADES (encuesta sobre alcohol y drogas en España) (PNSD, *Informe 2018: alcohol, tabaco y drogas ilegales en España*). La primera se centra en jóvenes entre 14 y 18 años, mientras que la segunda se lleva a cabo en la población comprendida entre los 15 y 64 años. También se utilizan otros indicadores como admisiones a tratamiento por consumo de drogas, urgencias hospitalarias, mortalidad por reacciones agudas al consumo o datos de incautación. La principal ventaja que presentan algunas de las metodologías es la segregación de los datos



de consumo por sexo y por edades, lo que permite desarrollar, de ser necesario, medidas adaptadas a un grupo concreto de población. Sin embargo, su principal limitación reside en el tiempo necesario para recoger datos representativos de la población estudiada, lo cual se hace más evidente en aquellas situaciones que requieren una intervención rápida, como es el caso del consumo de Nuevas Sustancias Psicoactivas (NSP) de las que existen escasos estudios de riesgos para la salud humana. Además, son metodologías con un elevado coste, de baja cobertura y propensas a estar sesgadas dado el tabú social que representa el ser consumidor de ciertas sustancias, o bien en aquellos casos en los que la droga es de consumo minoritario (Foppe, Hammond-Weinberger y Subedi, 2018).

Otra metodología relativamente nueva y complementaria a las metodologías establecidas es el análisis de aguas residuales, que presenta un elevado potencial para proporcionar datos en tiempo real y establecer diferencias geográficas y tendencias temporales en el consumo de drogas de abuso. Dicha metodología es conocida como Análisis de Aguas Residuales con Fines Epidemiológicos o WBE, del inglés *Wastewater-Based Epidemiology*, y se originó a finales de la década de los noventa. Sin embargo, su aplicación para el cálculo del consumo de drogas de abuso llegó unos años más tarde, tal y como queda reflejado en los trabajos de Daughton (2001), Zuccato et al. (2005) y van Nuijs et al. (2011). En los últimos años el interés por esta herramienta ha crecido sustancialmente en Europa. Así, el *European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction* (EMCDDA) impulsó en 2010 la creación del grupo SCORE (*Sewage Analysis Core Group*), el cual desde entonces está llevando a cabo una estima-

ción anual del consumo de drogas de abuso a escala europea basada en WBE. Tras los estudios iniciales, el número de ciudades y países monitorizados ha ido aumentando, siendo en 2018 de 73 ciudades y 20 países (EMCDDA). Los resultados que SCORE proporciona han permitido conocer en tiempo real las drogas de abuso consumidas en cada una de las ciudades monitorizadas, así como diferenciar tendencias geográficas. Actualmente, algunos países como Finlandia, Australia y Nueva Zelanda han incluido esta metodología en la monitorización de drogas de abuso. En España, WBE no se ha aplicado de manera rutinaria a escala nacional, aunque en Cataluña, la Generalitat ha financiado un estudio piloto de monitorización de dos ciudades catalanas desde el año 2016 (Mastroianni et al., 2017), y en Castellón se han acordado diversas actuaciones entre la Universitat Jaume I y el ayuntamiento de la ciudad relacionadas con WBE para el presente año 2020. En Estados Unidos, WBE ha sido menos explorada, aunque en los últimos años ha habido una tendencia creciente en su aplicación, posiblemente motivada por los buenos resultados que está proporcionando a nivel europeo (Gushgari et al., 2019).

2. ¿EN QUÉ CONSISTE WBE?

La metodología utilizada en WBE se fundamenta en que, tras el consumo de cualquier sustancia, el cuerpo humano excreta los correspondientes metabolitos y/o sustancias inalteradas, que son vertidos al sistema de alcantarillado y conducidos a través de las aguas residuales hasta las estaciones depuradoras. Cuando los compuestos son estables en las aguas residuales, puede asumirse que la cantidad de compuesto excretada

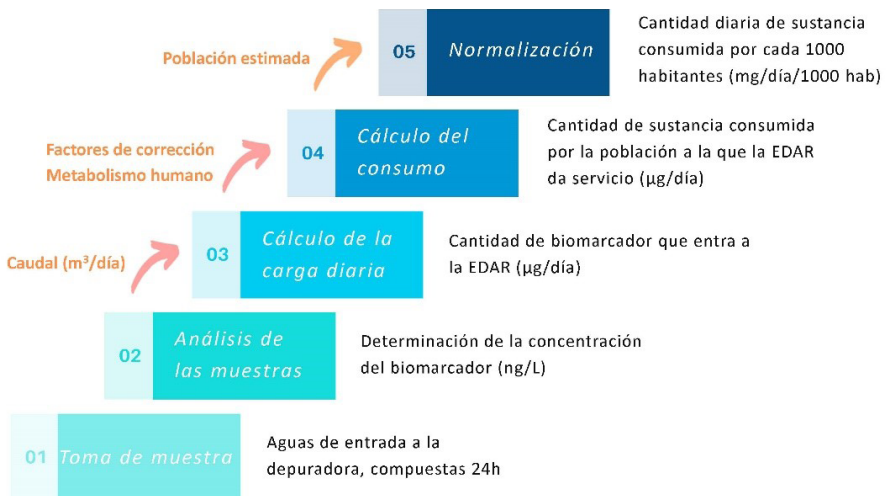


por una población en un intervalo de tiempo determinado corresponde a la carga total que recibe la estación depuradora de aguas residuales (EDAR) en dicho intervalo. Por tanto, identificando y cuantificando los correspondientes biomarcadores en las aguas de entrada de las EDAR, se puede hacer un cálculo retrospectivo para determinar la cantidad de sustancia consumida (por ejemplo: drogas de abuso, alcohol, tabaco, etc.) por la población a la que la sirve la EDAR en un intervalo de tiempo definido (EMCDDA).

La aplicación de la metodología conlleva varios pasos que se esquematizan en la Figura 1. El primero es la recogida de la muestra de agua residual, que debe ser representativa del intervalo temporal seleccionado. Habitualmente se recogen muestras compuestas de 24 h mediante muestreadores automáticos que permiten un muestreo proporcional en tiempo, volumen o flujo de las aguas residuales de entrada a la EDAR.

El segundo paso consiste en analizar las muestras para determinar las concentraciones de los biomarcadores. Para ello suelen utilizarse métodos basados en cromatografía y espectrometría de masas, ya que la detección y cuantificación de estos compuestos requiere una elevada sensibilidad y selectividad. Dado que las aguas residuales son matrices muy complejas y que los biomarcadores suelen estar presentes a concentraciones muy bajas (generalmente, ng/L), es necesaria una etapa de preconcentración/limpieza previa al análisis cromatográfico, que suele llevarse a cabo mediante extracción en fase sólida. La selección de los biomarcadores es también un factor clave en WBE. Por un lado, deben ser estables en las aguas residuales y, por otro, debe conocerse la ruta metabólica y el porcentaje de sustancia consumida que es excretada como el biomarcador correspondiente. La tabla 1 recoge las principales

Figura 1. Principales etapas de la metodología WBE [7].





sustancias de abuso en las que se han centrado los estudios de WBE y los biomarcadores seleccionados en cada caso.

Tabla I. Principales drogas y biomarcadores utilizados en la metodología WBE.

Droga de abuso	Biomarcador
Cocaína	Benzoilecgonina
Anfetamina	Anfetamina
Metanfetamina	Metanfetamina
Éxtasis	3,4-metilendioximetanfetamina
Heroína	6-acetilmorfina
Metadona	2-etilideno-1,5-dimetil-3,3-difenilpirrolidina
Cannabis	11-nor-9-carboxi-tetrahidrocannabinol
Alcohol (etanol)	Sulfato de etilo
Tabaco (nicotina)	Cotina e hidroxicotinina

Una vez determinadas las concentraciones de los biomarcadores, y teniendo en cuenta el caudal de agua que entra en la EDAR (generalmente 24 h), se calcula, en el tercer paso, la carga diaria que corresponde a la cantidad (en masa de biomarcador) que llega a la EDAR. A continuación, el cuarto paso consiste en convertir la carga de biomarcador en carga o cantidad de sustancia consumida, aplicando factores de corrección basados en datos referentes al metabolismo humano. Es decir, se tienen en cuenta tanto la relación de masa molar entre la sustancia y su metabolito, así como el porcentaje medio de excreción del metabolito. El

quinto y último paso permite normalizar los datos. El consumo estimado de sustancia en el paso 4 se divide por el número de habitantes a los que la EDAR da servicio, expresándose el resultado final como cantidad de sustancia consumida por día por cada 1000 habitantes. De esta forma se pueden comparar resultados de diferentes EDARs y, en definitiva, de diferentes poblaciones.

2.1. ¿Cuáles son sus principales ventajas e inconvenientes?

La principal ventaja que ofrece WBE es la posibilidad de estimar el consumo de sustancias en una población determinada de forma objetiva y prácticamente en tiempo real. Dado que la metodología se aplica a nivel poblacional y no individual, los datos que se obtienen son anónimos y, por tanto, se respeta la privacidad. Además, WBE no proporciona únicamente datos sobre el consumo en una población, sino que además permite monitorizar cambios de consumo en el tiempo y/o entre poblaciones (Bijlsma et al., 2018). De esta manera, se pueden identificar tendencias e incluso el consumo de nuevas drogas de abuso como las catinonas sintéticas, unas de las nuevas sustancias psicoactivas más consumidas (González-Mariño et al., 2016). En aquellos casos en los que la sustancia presenta un consumo muy bajo o marginal, WBE permite también obtener información sobre la cantidad consumida, lo cual es difícil de detectar a través de las metodologías establecidas basadas en encuestas poblacionales. Por otro lado, focalizando en la población estudiada y/o el periodo de tiempo, se pueden monitorizar tendencias de consumo en poblaciones pequeñas como escuelas, prisiones, lugares de trabajo, vecindarios específicos, así como en



determinados eventos deportivos y festivales de música, entre otros (Postigo, López de Aida y Barceló, 2011; Zuccato et al., 2017). Sin embargo, hay que considerar que cuando se monitorizan poblaciones pequeñas, existe el riesgo ético de estigmatizar un grupo particular dentro de una comunidad. En este sentido, en 2016 (Prichard et al., 2016) SCORE publicó una guía ética para WBE con la finalidad de identificar los principales riesgos éticos y proponer estrategias para mitigarlos.

Como desventajas, WBE no permite obtener datos de prevalencia, es decir, número de dosis y frecuencia, así como tampoco proporcionar información sobre el tipo de consumidor, vías de administración o pureza de las drogas. Sin embargo, sí permite establecer hábitos de consumo a través de la evaluación del co-consumo de sustancias, por ejemplo, co-consumo de alcohol y cocaína a través del marcador específico cocaetileno (Rodríguez-Álvarez et al., 2015), así como establecer rutas de administración a través de la monitorización de marcadores específicos de la droga de abuso, por ejemplo, marcadores pirolíticos en el caso de la cocaína (González-Mariño, Estévez-Danta, et al., 2019).

Otro aspecto a considerar es la incertidumbre de los datos obtenidos causada principalmente por el comportamiento de los metabolitos en las aguas residuales (estabilidad), los diferentes métodos de cálculo retrospectivo (rutas metabólicas y porcentajes de excreción según los individuos) y las distintas fuentes usadas para la estimación del tamaño de la población analizada (caudal de entrada a la EDAR, número de habitantes a los que la EDAR da servicio) (Castiglioni et al., 2013). Una vez identificadas las principales causas, el grupo SCORE publicó en 2013 un protocolo de buenas prácticas que

permite minimizar la incertidumbre asociada principalmente a la medida del caudal de entrada a la EDAR, el muestreo y los análisis químicos (EMCDDA, Common protocol of action for monitoring illicit drugs in wastewater). Adicionalmente, debe tenerse en cuenta que se requieren laboratorios especializados, con amplia experiencia analítica, capaces de hacer frente a los retos que supone este tipo de análisis, entre ellos un severo efecto matriz que hace necesario el uso de patrones internos marcados isotópicamente (Hernandez et al., 2018).

Una de las principales limitaciones de WBE, ya comentada anteriormente, reside en la selección del biomarcador. Éste debe ser característico de la sustancia en estudio y también debe ser estable en las aguas residuales, lo cual no es siempre posible, como es el caso del biomarcador de la heroína.

2.2. ¿Cuáles son las principales perspectivas de futuro?

El análisis de aguas residuales con fines epidemiológicos es actualmente una herramienta fiable para ser utilizada de forma complementaria a las metodologías basadas en indicadores tradicionales (encuestas, incautaciones, etc.) para el control del consumo de drogas (González-Mariño et al., 2019).

Uno de los retos asociados al control de drogas está relacionado con el hecho de que éste es un mercado dinámico donde sustancias conocidas se modifican para obtener otras aún no controladas, las cuales suelen tener una prevalencia de consumo muy baja. En este sentido, WBE es una buena herramienta para la identificación y el control de NSP. Si bien el análisis de las aguas residuales permite conocer el consumo de NSP de la



población a la que la EDAR da servicio (Celma et al., 2019; López-García, Mastroianni, et al., 2018; González-Mariño et al., 2018; Bade et al., 2017), se están desarrollando estrategias para conocer patrones de consumo de grupos específicos. Por ejemplo, se han recolectado muestras de urinarios portátiles ubicados en puntos estratégicos como locales de ocio nocturno, festivales de música, etc. (Causanilles, Kinua, et al., 2017) y también se han muestreado las aguas residuales de centros específicos como escuelas (Zucato et al., 2017). No obstante, las aplicaciones de WBE al control de NSP son limitadas debido a varias razones, como son el menor consumo de estas sustancias en comparación con las drogas “clásicas” (lo que implica concentraciones extremadamente bajas en las aguas residuales), la falta de biomarcadores específicos por la falta de suficientes estudios de metabolismo, y el mercado continuamente cambiante de estas nuevas drogas para eludir la regulación (Bijlsma et al., 2019).

Aunque WBE se desarrolló principalmente para el cálculo del consumo de drogas de abuso, en los últimos años también se ha aplicado con éxito para estimar el consumo de alcohol, tabaco y fármacos (Choi et al., 2018) y se está avanzando en la búsqueda de biomarcadores relacionados con la salud de las poblaciones. Estos estudios demuestran el potencial que tiene esta metodología para proporcionar información sobre el estilo de vida de una población y, en definitiva, para llevar a cabo multitud de estudios relacionados con la salud pública.

Por otro lado, todavía no se ha explorado en profundidad el potencial que puede tener WBE para evaluar la eficiencia de las medidas de prevención aplicadas a la problemática de las drogas como son, por

ejemplo, campañas de salud pública o actuaciones policiales. Un ejemplo de los pocos estudios que se han llevado a cabo hasta el momento es el de Burgard et al. (2019), en el cual se estudia el consumo de cannabis en el estado de Washington (USA) tras su legalización como uso recreacional en adultos, a través de WBE. Los resultados evidencian un incremento en el consumo, así como un cambio en los hábitos de los consumidores, que pasan de adquirir la droga en el mercado ilegal hacia el mercado legal.

Otra tendencia desarrollada en los últimos años es la optimización de métodos analíticos para la elaboración de perfiles enantioméricos con la finalidad de identificar la fuente de origen de la droga. De esta manera se puede conocer si las trazas de droga en las aguas residuales son debidas a un consumo de la misma o a residuos de producción (Depaolini et al., 2016), lo que puede ayudar en la planificación de actuaciones policiales.

Así pues, el análisis de aguas residuales es hoy en día una potente herramienta epidemiológica en el campo de las drogas de abuso, y los estudios que se están llevando a cabo en los últimos años le auguran un futuro prometedor también en otros campos relacionados todos ellos con la salud pública.

2.3. Caso práctico en España

La metodología WBE lleva aplicándose en España en estudios de monitorización desde 2011 por parte de diferentes grupos de investigación que forman parte de la red SCORE, la cual recibe el apoyo del EMCDDA. Los datos obtenidos por SCORE, basados en el análisis de las aguas residuales durante siete días consecutivos por año, han permitido estimar el consumo de cuatro drogas ilegales



(cocaína, anfetamina, metanfetamina y éxtasis) en ciudades como Castellón, Valencia, Barcelona y Santiago de Compostela. El trabajo, recientemente publicado, de González-Mariño et al. (2019) recoge en detalle todos los resultados obtenidos tanto para España como para el resto de los 36 países que han participado en las campañas de monitorización realizadas entre 2011 y 2017.

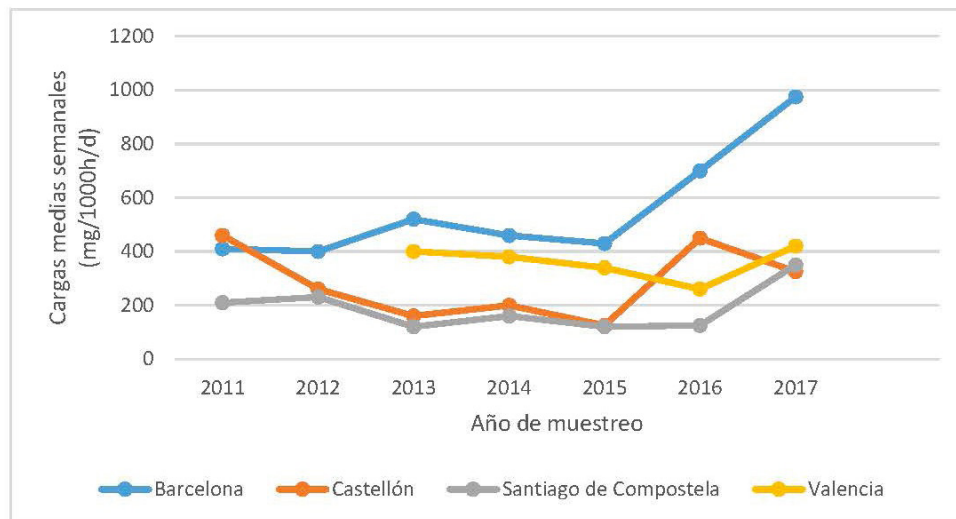
En España, se observa claramente un mayor consumo de cocaína frente al resto de drogas de abuso estudiadas, al igual que otros países del sur y oeste de Europa. Hay que mencionar que la droga más consumida en España es el cannabis, pero ésta no ha sido incluida en el estudio debido a la problemática analítica que presenta su biomarcador (THC-COOH) y a su comportamiento en el sistema de aguas residuales. Debido a su menor polaridad, dicho biomarcador puede asociarse parcialmente al material particulado de las aguas, con lo que su determinación a través de WBE conduce a datos menos precisos sobre el consumo de cannabis (Causanilles, Baz-Lomba, et al., 2017). A modo de ejemplo, la Figura 2 muestra las cargas medias semanales de cocaína desde 2011 hasta 2017 en cada una de las cuatro ciudades monitorizadas. En términos de tendencia espacial, Barcelona es la ciudad con un consumo mayor, seguida de Valencia, Castellón y Santiago de Compostela. En términos de tendencia temporal, Barcelona presenta un incremento significativo del consumo en los últimos años. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el incremento puede ser debido tanto a una mayor prevalencia en el consumo de cocaína (mayor número de consumidores), como a un número similar de consumidores pero con mayor consumo individual, lo que po-

dría estar asociado al consumo de un mayor número de dosis o a un incremento en la pureza de la droga. Teniendo en cuenta los datos publicados por el EMCDDA, la última de las causas parece ser la más probable dado que entre 2009 y 2016 la pureza de una dosis de cocaína pasó del 32 al 54%, aproximadamente (EMCDDA, *European Drug Report 2018: Trends and Developments*).

Dejando aparte el cannabis, la segunda droga ilegal, tras la cocaína, más consumida por la población entre las cuatro ciudades incluidas en los estudios WBE es el éxtasis, el cual, al igual que la cocaína, presenta un consumo mucho más elevado en Barcelona, con una media de unos 50 mg/1000h/d. Le siguen Valencia y Santiago de Compostela, con un consumo muy similar (alrededor de 10 mg/1000h/d), mientras que Castellón presenta el consumo más bajo. Al igual que en muchas ciudades europeas, Barcelona y Castellón presentan una tendencia temporal creciente en los últimos años probablemente debido al incremento del contenido de MDMA (3,4-metilendioximetanfetamina) (biomarcador de consumo) en las dosis de éxtasis entre los años 2010-2011 (Mounteney et al., 2018). Por otro lado, los resultados obtenidos muestran que el consumo de anfetamina y metanfetamina es relativamente bajo, frente al consumo de cocaína y éxtasis, en las cuatro ciudades monitorizadas. La tendencia espacial sigue siendo similar al resto de drogas, por lo que Barcelona presenta un consumo marcadamente superior al de Valencia, Santiago y Castellón. Si bien en el caso de la metanfetamina no hay una clara tendencia temporal en ninguna de las ciudades, sí se observa un incremento del consumo de anfetamina en Barcelona en los últimos años.



Figura 2. Carga media semanal de cocaína en el período 2011-2017 para cuatro ciudades españolas.



Los resultados obtenidos muestran que WBE no es solo una muy buena herramienta para establecer tendencias de consumo espaciales y temporales, sino que también permite estimar el número de dosis si se dispone de información sobre éstas. Sin embargo, esta estimación no es siempre posible dado que suele haber una alta variabilidad en cuanto a la pureza de la droga, vías de administración y cantidad de droga usada a lo largo del periodo de monitorización (EMCDDA, *European Drug Report 2018: Trends and Developments*).

3. ESAR-NET

La Red Española de Análisis de Aguas Residuales con Fines Epidemiológicos, ESAR-Net, nace en 2017 gracias a la suma de esfuerzos de seis grupos de investigación españoles expertos en química analítica y epidemiología y con una amplia experiencia en

el análisis medioambiental, y en concreto, en WBE (ver <https://www.esarnet.es/>). Para ello, ha obtenido financiación a través de la convocatoria de Redes de Excelencia 2016 de la Agencia Estatal de Investigación, con referencia CTM2016-81935-REDT/AEI.

El objetivo principal de la red es el de contribuir al conocimiento y aplicación de la metodología WBE en España. Para ello, ha estado trabajando desde sus inicios tanto en actividades científicas como de divulgación. Por lo que respecta a la divulgación, se han organizado varias jornadas en diferentes ciudades españolas fomentando así un punto de encuentro, comunicación y cooperación entre los diferentes entes relacionados con el ámbito de trabajo de la red: investigadores, entidades de salud pública, entidades gubernamentales, ONG, etc. Como resultado, el número de investigadores que forman parte de la red se ha ido ampliando, siendo



actualmente de 23. Del mismo modo, también ha crecido el número de entidades asociadas a la red, las cuales actualmente son: EMCDDA, Energy Control, Socidrogalcohol y la Delegación del gobierno para el Plan Nacional Sobre Drogas. Las actividades de divulgación también se llevan a cabo a través de la página web de la red, así como mediante comunicaciones a congresos tanto nacionales como internacionales y mediante publicaciones científicas (Bijlsma et al., 2018; López-García et al., 2018). Actualmente, están en fase de preparación varios artículos científicos sobre los resultados obtenidos en campañas de monitorización de aguas llevadas a cabo en el seno de la red que previsiblemente verán la luz en 2020.

En relación a las actividades científicas, cabe destacar que varios de los grupos de investigación que forman parte de la red son también integrantes de SCORE. Como se ha comentado en el apartado anterior, el trabajo realizado por SCORE ha permitido aplicar la metodología WBE a cuatro ciudades españolas para la monitorización anual de drogas de abuso desde 2011. Si bien los datos que ha proporcionado este estudio, tanto a nivel europeo como a nivel español, son valiosos, evidencian la necesidad de estudios más amplios que permitan tener información representativa de todo el país. En este sentido, ESAR-Net ha llevado a cabo recientemente la monitorización durante 7 días consecutivos de las aguas de entrada de 17 depuradoras situadas en 7 comunidades autónomas, lo que representa un 13% de la población española, con la finalidad de ampliar la información que se tiene del territorio español (varios artículos en preparación). Además, tal como es también objetivo de sus actividades científicas, se ha ampliado el

número y tipo de analitos. Así, además de las drogas de abuso tradicionales, el estudio se ha extendido a nuevas drogas de abuso como son las nuevas sustancias psicoactivas (NSP), así como a alcohol y tabaco.

Dados los buenos resultados obtenidos, tanto a través de las actividades de divulgación como de las actividades científicas, es objetivo de la red seguir trabajando en ambas líneas para poder explotar al máximo todo el potencial de WBE y fomentar su contribución al desarrollo de medidas capaces de prevenir el consumo y mejorar la salud pública.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por la Agencia Estatal de Investigación (AEI) a través del programa Redes de Excelencia (CTM2016-81935-REDT).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bade, R.; Bijlsma, L.; Sancho, J.V.; Baz-Lomba, J.A.; Castiglioni, S.; Castrignanò, E.; Causanilles, A.; Gracia-Lor, E.; Kasprzyk-Hordern, B.; Kinyua, J.; McCall, A.K.; van Nuijs, A.L.N.; Ort, C.; Plósz, B. G.; Ramin, P.; Rousis, N.I.; Ryu, Y.; Thomas, K.V.; de Voogt, P.; Zuccato, E. y Hernández, F. (2017). Liquid chromatography-tandem mass spectrometry determination of synthetic cathinones and phenethylamines in influent wastewater of eight European cities. *Chemosphere*, 168, 1032-1041.
- Bijlsma, L. et al. (2018). Wastewater-based epidemiology: applications towards the estimation of drugs of abuse consump-



- tion and public health in general. The Spanish network ESAR-Net. *Rev Esp Salud Pública* 92, 1-10.
- Bijlsma, L.; Celma, A.; López, F.J. y Hernández, F. (2019). Monitoring New Psychoactive Substances use through wastewater analysis: current situation, challenges and limitations. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 9, 1-12.
- Burgard, D.A.; Williams, J.; Westerman, D.; Rushing, R.; Carpenter, R.; LaRock, A.; Sadetsky, J.; Clarke, J.; Fryhle, H.; Pellman, M. y Banta-Green, C.J. (2019). Using wastewater-based analysis to monitor the effects of legalized retail sales on cannabis consumption in Washington State, USA. *Addiction* 114, 1582-1590.
- Castiglioni, S.; Bijlsma, L.; Covaci, A.; Emke, E.; Hernández, F.; Reid, M.; Ort, C.; Thomas, K.V.; van Nuijs, A.L.N.; de Voogt, P. y Zuccato, E. (2013). Evaluation of uncertainties associated with the determination of community drug use through the measurement of sewage drug biomarkers. *Environ Sci Technol*, 47, 1452-1460.
- Causanilles, A.; Kinua, J.; Ruttkies, C.; van Nuijs, A.L.N.; Emke, E.; Covaci, A.; de Voogt, P. (2017). Qualitative screening for new psychoactive substances in wastewater collected during a city festival using liquid chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry. *Chemosphere*, 184, 1186-1193.
- Causanilles, A.; Baz-Lomba, J.A.; Burgard, D.A.; Emke, E.; González-Mariño, I.; Krizman-Matic, I.; Li, A.; Löve, A.S.C.; McCall, A.K.; Montes, R.; van Nuijs, A.L.N.; Ort, C.; Quintana, J.B.; Senta, I.; Terzic, S.; Hernandez, F.; de Voogt, P. y Bijlsma, L. (2017). Improving wastewater-based epidemiology to estimate cannabis use: Focus on the initial aspects of the analytical procedure. *Anal Chim Acta*, 988, 27-33.
- Celma, A.; Sancho, J.V.; Salgueiro-González, N.; Castiglioni, S.; Zuccato, E.; Hernández, F. y Bijlsma, L. (2019). Simultaneous determination of new psychoactive substances and illicit drugs in sewage: potential of micro-liquid chromatography tandem mass spectrometry in wastewater-based epidemiology. *J Chromatogr A*, 1602, 300-309.
- Choi, P.M.; Tschärke, B.J.; Donner, E.; O'Brien, J.W.; Grant, S.C.; Kaserzon, S.L.; Mackie, R.; O'Malley, E.; Crosbie, N.D.; Thomas, K.V.; Mueller, J.F. (2018). Wastewater-based epidemiology: past, present and future. *Trac-Trend anal Chem*, 105, 453-469.
- Daughton, C.G. (2001). Illicit drugs in municipal sewage: proposed new noninvasive tool to heighten public awareness of societal use of illicit/abused drugs and their potential for ecological consequences. In *Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Environment: Scientific and Regulatory Issues* (pp. 348-364). Washington DC: American Chemical Society.
- Depaolini, A.R.; Fattore, E.; Cappelli, F.; Pellegrino, R.; Castiglioni, S.; Zuccato, E.; Fanelli, R. y Davoli, E. (2016). Source discrimination of drug residues in wastewater: the case of salbutamol. *J. Chromatogr B*, 1023-1024, 62-67.



- ESAR-Net. Red Española de Análisis de Aguas Residuales con Fines Epidemiológicos. <http://www.esarnet.es>
- España. *Informe sobre drogas 2018*. Madrid: Delegación del Gobierno para el Plan Nacional sobre Drogas.
- European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (EMCDDA). *European Drug Report 2018: Trends and Developments*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction. http://www.emcdda.europa.eu/topics/wastewater_en
- European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction. Common protocol of action for monitoring illicit drugs in wastewater. <https://goo.gl/seR7Ke>
- Foppe, K.S.; Hammond-Weinberger, D.R. y Subedi, B. (2018). Estimation of the consumption of illicit drugs during special events in two communities in Western Kentucky, USA using sewage epidemiology. *Sci Total Environ*, 633, 249-256.
- González-Mariño, I.; Gracia-Lor, E.; Roussis, N.I.; Castrignanò, E.; Thomas, K.V.; Benito-Quintana, J.; Kasprzyk-Hordern, B.; Zuccato, E. y Castiglioni, S. (2016). Waste-water based epidemiology to monitor synthetic cathinones use in different european countries. *Environ Sci Technol*, 50, 10089-10096.
- González-Mariño, I.; Castro, V.; Montes, R.; Rodil, R.; Lores, A.; Cela, R. y Benito Quintana, J. (2018). Multi-residue determination of psychoactive pharmaceuticals, illicit drugs and related metabolites in wastewater by ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *J. Chromatogr A*, 1569, 91-100.
- González-Mariño, I.; Estévez-Danta, A.; Rodil, R.; Manuela Da Silva, K.; Fabriz Sodré, F.; Cela, R. y Benito Quintana, J. (2019). Profiling cocaine residues and pyrolytic products in wastewater by mixed-mode liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Drug Test Anal*, 11, 1018-1027.
- González-Mariño, I. et al. (2019). Spatio-temporal assessment of illicit drug use at large scale: evidence from 7 years of international wastewater monitoring. *Addiction*, 115, 109-129. <https://doi.org/10.1111/add.14767>
- Gushgari, A.J.; Venkatesan, A.K.; Chen, J.; Steele, J.C.; Halden, R.U. (2019). Long-term tracking of opioid consumption in two United States cities using wastewater-based epidemiology approach. *Water Res*, 161, 171-180.
- Hernandez, F.; Castiglioni, S.; Covaci, A.; de Voogt, P.; Emke, E.; Kasprzyk-Hordern, B.; Ort, C.; Reid, M.; Sancho, J.V.; Thomas, K.V.; van Nuijs, A.L.N.; Zuccato, E. y Bijlsma, L. (2018). Mass spectrometric strategies for the investigation of biomarkers of illicit drug use in wastewater. *Mass Spectrom Rev*, 37, 258-280.
- Informe 2018: alcohol, tabaco y drogas ilegales en España*. Madrid: Observatorio Español de las Drogas y las Adicciones. Delegación del Gobierno para el Plan Nacional sobre Drogas.
- López-García, E.; Mastroianni, N.; Postigo, C.; Barceló, D. y López de Alda, M. (2018). A fully automated approach for



- the analysis of 37 psychoactive substances in raw wastewater based on on-line solid phase extraction-liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *J Chromatogr A*, 1576, 80-89.
- López-García, E. et al. (2018). ESAR-NET-a Spanish network for exploring the epidemiological applications of wastewater analysis. *11º Congreso Ibérico y 8º Iberoamericano de Contaminación y Toxicología Ambiental*, Madrid.
- Mastroianni, N.; López-García, E.; Postigo, C.; Barceló, D. y López de Alda, M. (2017). Five-year monitoring of 19 illicit and legal substances of abuse at the inlet of a wastewater treatment plant in Barcelona (NE Spain) and estimation of drug consumption patterns and trends. *Sci Total Environ*, 609, 916-926.
- Mouteney, J.; Griffiths, P.; Bo, A.; Cunningham, A.; Matias, J. y Pirona, A. (2018). Nine reasons why ecstasy is not quite what it used to be. *Int J Drug Policy*, 51, 36-41.
- Postigo, C.; López de Alda, M. y Barceló, D. (2011). Evaluation of drugs of abuse use and trends in a prison through wastewater analysis. *Environ Int*, 37, 49-55.
- Prichard, J.; Hall, W.; Zuccato, E.; de Voogt, P.; Voulvoulis, N.; Kummerer, K. y Kasprzyk-Hordern, B. (2016). Ethical research guidelines for wastewater-based epidemiology and related fields. <http://www.emcdda.europa.eu/activities/wastewater-analysis>
- Rodríguez-Álvarez, T.; Racamonde, I.; González-Mariño, I.; Borsotti, A.; Rodil, R.; Rodríguez, I.; Zuccato, E.; Benito Quintana, J. y Castiglioni, S. (2015) Alcohol and cocaine co-consumption in two European cities assessed by wastewater analysis. *Sci Total Environ*, 536, 91-98.
- Van Nuijs, A.L.N.; Mougel, J.F.; Tarcomnicu, I.; Bervoets, L.; Blust, R.; Jorens, P.G.; Neels, H. y Covaci, A. (2011). Sewage epidemiology: a real-time approach to estimate the consumption of illicit drugs in Brussels, Belgium. *Environ Int*, 37, 612-621.
- Zuccato, E.; Chiabrando, C.; Castiglione, S.; Calamari, D.; Bagnati, R.; Schiarea, S. y Fanelli, R. (2005). Cocaine in surface waters: a new evidence-based tool to monitor community drug abuse. *Environ Health*, 4, 14-20.
- Zuccato, E.; Gracia-Lor, E.; Rousis, N.I.; Parabiaghi, A.; Senta, I.; Riva, F. y Castiglioni, S. (2017). Illicit drug consumption in school populations measured by wastewater analysis. *Drug Alcohol Depen*, 178, 285-290.