



PERSPECTIVAS SOBRE LAS DROGAS

Análisis de las aguas residuales y drogas: un estudio en varias ciudades europeas

En este número de la serie «Perspectivas sobre las drogas» se resumen los resultados del mayor proyecto europeo realizado hasta la fecha en el emergente ámbito científico del análisis de las aguas residuales. El proyecto en cuestión ha analizado las aguas residuales de unas 70 ciudades europeas (en adelante, las «ciudades») con el fin de estudiar las pautas de consumo de droga de sus habitantes. Las características de las ciudades europeas difieren considerablemente; siendo algunas de ellas grandes centros turísticos o de negocios, en las que difiere el tipo de población durante las horas diurnas y nocturnas. Los resultados ofrecen una valiosa instantánea de la circulación de drogas en las ciudades analizadas y reflejan marcadas variaciones geográficas.

El análisis de las aguas residuales es una disciplina científica en rápida evolución, potencialmente capaz de facilitar un seguimiento de los datos en tiempo real sobre las tendencias geográficas y temporales en el consumo de drogas ilegales. Originalmente utilizado en la década de 1990 para efectuar el seguimiento del impacto medioambiental de los residuos líquidos domésticos, este método ha sido empleado desde entonces para calcular el consumo de drogas ilegales en diferentes ciudades (Daughton, 2001; van Nuijs *et al.*, 2011; Zuccato *et al.*, 2008;). Consiste en obtener muestras de una fuente de aguas residuales, por ejemplo, un conducto que lleva esas aguas a una depuradora. De esta forma, los científicos pueden calcular la cantidad de drogas consumidas por una comunidad midiendo los niveles de drogas ilegales y sus metabolitos excretados en la orina (Zuccato *et al.*, 2008).

Análisis de las aguas residuales en ciudades europeas

En 2010, se creó una red europea de análisis de las aguas residuales (Sewage analysis CORe group — Europe [SCORE]) con el fin de normalizar las estrategias empleadas en el análisis de las aguas residuales y coordinar los estudios internacionales mediante el establecimiento de un [protocolo común de actuación](#). La primera actividad del grupo SCORE consistió en una investigación a escala europea que se llevó a cabo en 2011 en 19 ciudades europeas y que permitió elaborar el primer estudio de las aguas residuales en función de las diferencias regionales en el consumo de drogas ilegales en Europa (Thomas *et al.*, 2012). Dicho estudio incorporó asimismo el primer ejercicio de intercalibración para evaluar la calidad de los datos analíticos y permitió realizar una completa caracterización de las principales



incertidumbres del método (Castiglioni *et al.*, 2014). Tras el éxito de este estudio inicial, a lo largo de los años siguientes se emprendieron estudios comparables en 73 ciudades y en 20 países europeos en 2018. En todos los casos, se utilizó un protocolo estándar y se realizó el mismo ejercicio de control de calidad, lo que permitió realizar comparaciones directas de la presencia de drogas ilegales en Europa a lo largo de un período de una semana durante ocho años consecutivos (van Nuijs *et al.*, 2018). Para la campaña de vigilancia de las aguas residuales de 2018, se recogieron muestras compuestas brutas durante 24 horas a lo largo de una única semana del mes de marzo. Estas muestras se analizaron en busca de biomarcadores urinarios (es decir, características mensurables) del medicamento base (esto es, la sustancia primaria) en relación con la anfetamina, la metanfetamina y el MDMA. Las muestras se analizaron también para determinar la presencia de los principales metabolitos urinarios (esto es, sustancias producidas cuando el cuerpo metaboliza los fármacos) de la cocaína y el cannabis, que son la benzoilecgonina (BE) y el THC-COOH (11-nor-9-carboxi-delta9-tetrahidrocannabinol).

El presente informe se centra en los estimulantes ilegales. No se presenta ningún resultado para el cannabis, porque el consumo de dicha droga se calcula midiendo su principal metabolito (THC-COOH), que es el único biomarcador adecuado que se ha localizado hasta el momento, pero que se excreta en un porcentaje bajo. Es preciso realizar más investigaciones para entender el porcentaje de excreción de THC-COOH o encontrar biomarcadores alternativos (Causanilles *et al.*, 2017a).

Se ha detectado que el metabolito específico de la heroína, 6-monoacetilmorfina, es inestable en las aguas residuales. Por consiguiente, la única alternativa es utilizar la morfina, si bien no es un biomarcador específico y también puede excretarse como resultado de un uso terapéutico. Esto subraya la importancia de obtener la cifra más precisa posible en relación con el consumo de morfina a partir de prescripciones médicas o informes de ventas.

Pautas de consumo de drogas ilegales: variación geográfica y temporal

Principales conclusiones de 2018

El proyecto reveló un panorama de patrones geográficos y temporales distintivos por lo que respecta al consumo de drogas en las distintas ciudades europeas (véase el sitio web interactivo: explorar los datos del estudio).

Las concentraciones de BE observadas en las aguas residuales indican que el consumo de cocaína sigue siendo



más elevado en las ciudades del oeste y del sur de Europa, en particular en ciudades de Bélgica, los Países Bajos, España y el Reino Unido. Se detectaron niveles muy bajos en la mayoría de las ciudades de Europa oriental estudiadas, si bien los datos más recientes apuntan a un incremento.

Las concentraciones de anfetamina detectadas en las aguas residuales varían considerablemente en función de la localidad objeto de estudio, localizándose los niveles más elevados en las ciudades del norte y del este de Europa. En las ciudades del sur de Europa se detectaron niveles de anfetaminas muy inferiores.

Por el contrario, el consumo de metanfetamina, generalmente bajo e históricamente concentrado en Chequia y Eslovaquia, parece estar presente también ahora en Chipre, el este de Alemania, España y en Finlandia. Las concentraciones de metanfetamina observadas en las otras localizaciones son muy bajas o insignificantes.

Las cargas máxicas de MDMA más elevadas se detectaron en las aguas residuales de ciudades de Bélgica, Alemania y los Países Bajos.

Entre los catorce países que participaron en la campaña de vigilancia de 2018 se encontraban dos o más localizaciones de estudio (Austria, Bélgica, Chipre, Chequia, Alemania, Finlandia, Francia, Italia, Lituania, los Países Bajos, Portugal, España, Eslovaquia y Eslovenia). El estudio reveló asimismo diferencias entre estas ciudades dentro del mismo país, lo que puede explicarse en parte por las diferentes características sociales y demográficas de las ciudades (universidades, zonas de vida nocturna y distribución de la población por edades). En la gran mayoría de los países en los que se estudiaron múltiples ubicaciones, se detectaron mayores concentraciones de cocaína y de MDMA en las grandes ciudades que en las poblaciones de menor tamaño. En cambio, no se detectaron tales diferencias en el caso de la anfetamina y la metanfetamina.

Además de las pautas geográficas, el análisis de las aguas residuales permite detectar fluctuaciones en las pautas

semanales de consumo de drogas ilegales. En más de tres cuartas partes de las ciudades se detectaron mayores concentraciones de anfetaminas, BE y MDMA en las aguas residuales durante los fines de semana (de viernes a lunes) que durante los días de entresemana. Sin embargo, se observó una distribución más uniforme del consumo de metanfetaminas durante toda la semana.

Datos relativos a las tendencias

Treinta y tres ciudades han participado en, como mínimo, cinco de las campañas anuales de vigilancia de las aguas residuales organizadas desde 2011, lo que ha permitido elaborar un análisis temporal de las tendencias en el consumo de drogas basado en el análisis de las aguas residuales.

Entre 2011 y 2015 se observó una tendencia relativamente estable en el consumo de cocaína en la mayor parte de las ciudades. Las pautas generales detectadas fueron similares en las cinco primeras campañas de vigilancia consecutivas, detectándose las concentraciones más altas y más bajas de BE en las mismas ciudades y regiones. La mayoría de las ciudades presentan una tendencia decreciente o estable entre 2011 y 2015. En 2016, se registraron los primeros indicios de que este patrón estaba variando, ya que se registró un incremento en 22 ciudades, de 33, con datos de 2015 y 2016. Esta tendencia se confirmó en 2017, cuando 19 ciudades de 31 con datos de 2016 y 2017 registraron un incremento en las concentraciones detectadas. En 2018 esta tendencia a un uso creciente continuó aumentando, y 22 de las 38 ciudades con datos de 2017 y 2018 registraron un incremento. La mayoría de las 13 ciudades con datos de 2011 y 2018 notificaron tendencias a cada vez más largo plazo.

Durante los ocho años de vigilancia y control, las máximas concentraciones de MDMA se detectaron sistemáticamente en las aguas residuales de las ciudades belgas y neerlandesas. Respecto a las tendencias a más largo plazo, en la mayoría de las ciudades que cuentan con al menos seis series de datos, las concentraciones de MDMA en las aguas residuales fueron mayores en 2018 que en 2011, observándose acusados incrementos en ciertas ciudades como, por ejemplo, Amberes y Ámsterdam. En la mayoría de las ciudades que registraron incrementos acusados durante el período 2011-2016, la tendencia parece haberse estabilizado en 2017. No obstante, los datos más recientes en 2018 apuntan a incrementos en la mayoría de las ciudades.

En términos generales, los datos sobre anfetaminas y metanfetaminas obtenidos en las siete campañas de vigilancia no revelaron cambios sustanciales en las pautas generales de consumo observadas. No obstante, si se atiende

Términos y definiciones

Cálculo retrospectivo es el proceso mediante el cual los investigadores calculan o estiman el consumo de drogas ilegales en la población a partir de las cantidades de residuos de las drogas de interés que llegan a la planta de tratamiento de aguas residuales.

La cromatografía de líquidos con espectrometría de masas en tándem (CL-EM/EM) es el método analítico más utilizado habitualmente para cuantificar los residuos de drogas en las aguas residuales. La CL-EM/EM es una técnica de química analítica que combina las técnicas de separación de la cromatografía de líquidos con las capacidades analíticas de la espectrometría de masas. Si se considera la complejidad y las bajas concentraciones esperadas en las aguas residuales, la CL-EM/EM es una de las técnicas más potentes para realizar este análisis, debido a su sensibilidad y selectividad.

Metabolitos

Las drogas consumidas terminarán en la red del alcantarillado en cantidades traza de la sustancia intacta o como una mezcla de metabolitos. Los metabolitos, productos finales del metabolismo, son las sustancias producidas cuando el cuerpo metaboliza las drogas.

Residuos

El análisis de las aguas residuales se basa en el hecho de que en nuestra orina excretamos trazas de casi todo lo que consumimos, incluidas las drogas ilegales. El residuo de la droga de interés es lo que queda en las aguas residuales después de su excreción y se utiliza para cuantificar el consumo de drogas ilegales en la población.

Biomarcadores urinarios

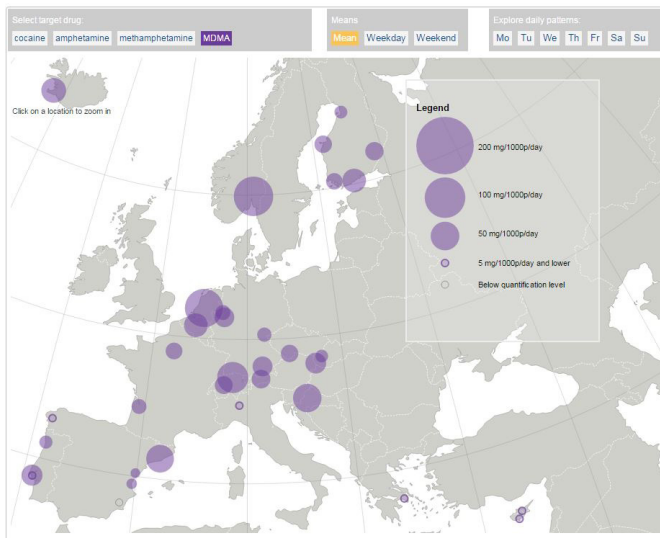
Los químicos analíticos buscan biomarcadores urinarios (características mensurables para calcular el consumo de drogas en la población) en muestras de aguas residuales, que pueden ser el compuesto original (esto es, la sustancia primaria) o sus metabolitos excretados en la orina.

a los datos más recientes, se observa que de las 38 ciudades con datos correspondientes a 2017 y 2018, 21 registraron un aumento en el caso de las anfetaminas, registrándose las concentraciones más elevadas durante los fines de semana.

Comparación con los resultados obtenidos con otros instrumentos de vigilancia

Dado que los análisis de las aguas residuales facilitan distintos tipos de información (consumo colectivo de sustancias dentro de una comunidad) e instrumentos de seguimiento establecidos, como las encuestas de población

Sitio web interactivo



Sitio web interactivo: explorar los datos del estudio:
emcdda.europa.eu/topics/pods/waste-water-analysis

(prevalencia a lo largo del mes o el año anterior), es difícil efectuar una comparación directa de los datos. Sin embargo, las pautas y tendencias detectadas mediante el análisis de las aguas residuales coinciden amplia, aunque no totalmente, con las detectadas mediante análisis realizados con otros instrumentos de seguimiento.

Por ejemplo, tanto los datos sobre incautaciones como el análisis de las aguas residuales presentan una imagen del mercado de fármacos estimulantes caracterizado por las divergencias geográficas en Europa, siendo más prevalente la cocaína en el sur y en el oeste, mientras que las anfetaminas son más habituales en los países centrales y septentrionales (EMCDDA, 2017). Los resultados de encuestas de población sobre el consumo de drogas arrojan resultados similares. Aunque la pauta general detectada en los análisis de las aguas residuales coincide con la de las herramientas de vigilancia establecidas, se registran ciertas excepciones: las concentraciones de anfetamina detectadas en las aguas residuales de París han sido inferiores al nivel de cuantificación durante las campañas de vigilancia anuales consecutivas, contrariamente a las indicaciones de otras herramientas de vigilancia.

Los datos extraídos de los indicadores establecidos indican que el consumo de metanfetamina se ha restringido históricamente a la República Checa y, más recientemente, también Eslovaquia, aunque a lo largo de los últimos años se ha observado un incremento de dicho consumo en otros países (EMCDDA, 2016a). Tales conclusiones se han visto confirmadas por estudios epidemiológicos recientes basados en el análisis de las aguas residuales, según los cuales la mayor concentración de metanfetamina se detectó en ciudades de Chequia, Eslovaquia, España, Alemania y Finlandia.

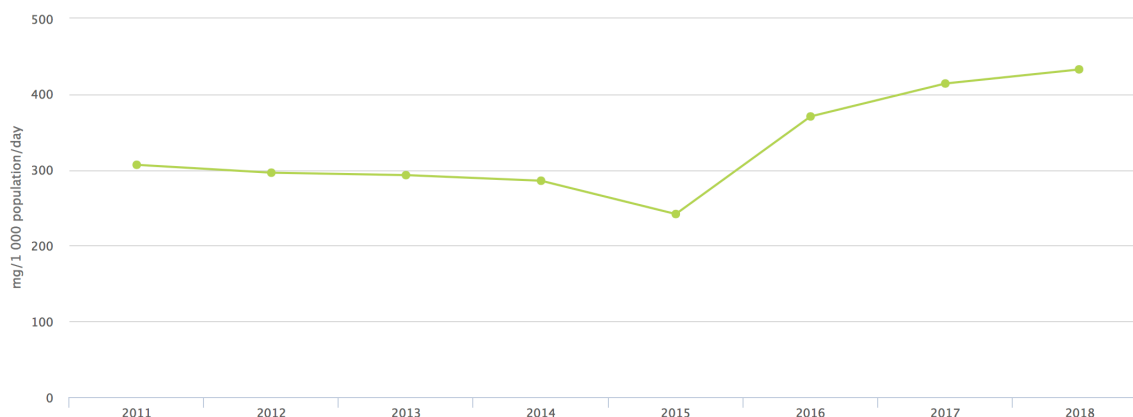
Los indicadores establecidos revelan que, hasta hace poco tiempo, la prevalencia de MDMA se estaba reduciendo en muchos países desde los niveles máximos alcanzados entre comienzos y mediados de la década de 2000. Los datos extraídos de los análisis de las aguas residuales y de indicadores establecidos muestran que dicha tendencia parece estar cambiando, notificándose en la gran mayoría de las ciudades un incremento de las concentraciones de MDMA en las aguas residuales en 2016 o 2017 en relación con 2011.

Recientemente, un estudio orientado a detectar tendencias realizado por el EMCDDA en 2018, en el que se analizaron múltiples fuentes de datos, señaló que, en Europa, una mayor disponibilidad de cocaína en el mercado de la droga puede reflejarse en un incremento de la tendencia al consumo en algunos países y posiblemente a su expansión a Europa oriental, donde el consumo era anteriormente escaso. Parece haberse frenado la tendencia a un descenso en el consumo de cocaína notificado el año pasado y comunicado durante varios años en una serie de encuestas generales de población, y el panorama actual indica que el nivel de consumo se ha estabilizado. Sin embargo, los análisis de aguas residuales revelan un incremento de los residuos de cocaína en la mayoría de las ciudades para las que se disponía de datos entre 2015 y 2018. Si bien estos datos indican una clara tendencia al incremento de los residuos durante 2015-2018, subsisten dudas sobre cuáles son los factores que han llevado al incremento de los metabolitos de cocaína. Aunque este incremento puede indicar que el número de consumidores de cocaína ha aumentado, también puede significar que ha aumentado el consumo entre un número similar de consumidores. También podrían reflejar simplemente que es mayor la pureza de la cocaína consumida en Europa, lo que llevaría a una mayor detección de metabolitos en las aguas residuales. Este incremento también podría explicarse por una combinación de estas tres causas (EMCDDA, 2018).

En términos similares, tanto los estudios basados en el consumo autodeclarado de drogas como en los datos proporcionados por los análisis de las aguas residuales apuntan a las mismas variaciones semanales en el consumo, principalmente concentrado en eventos de carácter musical durante los fines de semana y en contextos festivos en el caso de estimulantes como la anfetamina y la cocaína (Tossmann *et al.*, 2001).

Es limitado, si bien aumenta constantemente, el número de estudios en los que se comparan las estimaciones sobre consumo de drogas obtenidas mediante análisis de aguas residuales con las estimaciones realizadas mediante estudios epidemiológicos (EMCDDA, 2016b; van Wel *et al.*, 2015). Aunque en 2012 solo uno de los estudios publicados intentó evaluar el análisis de aguas residuales aplicando

FIGURA 1
Tendencias agregadas en residuos de cocaína en 10 ciudades europeas, de 2011 a 2018



NB: tendencias en las cantidades diarias medias de benzoilecgonina en miligramos por 1 000 habitantes en Amberes Sur (BE), Barcelona, Castellón y Santiago (ES), París Sena Centro (FR), Zagreb (HR), Milán (IT), Eindhoven y Utrecht (NL) y Oslo (NO). Estas 10 ciudades fueron seleccionadas debido a la disponibilidad de datos anuales para 2011-2018.

en paralelo técnicas epidemiológicas tradicionales (Reid *et al.*, 2012), este número se ha incrementado hasta alcanzar en la actualidad los 20 artículos de investigación publicados y centrados en comparar la información aportada por el análisis de aguas residuales con la información proporcionada por otros indicadores.

Un primer estudio llevado a cabo en Oslo (Noruega) y publicado en 2012 comparó los resultados de tres series de datos distintas (una encuesta de población general, una encuesta a pie de calle y un análisis de las aguas residuales) (Reid *et al.*, 2012).

Otros estudios más recientes comparan y correlacionan las estimaciones del consumo de drogas ilegales basadas en el análisis de las aguas residuales con otras fuentes de datos, como los datos de consumo autodeclarado (Been *et al.*, 2015; Castiglioni *et al.*, 2016; van Wel *et al.*, 2016a), delitos relacionados con el consumo (Been *et al.*, 2016a), incautaciones de drogas ilegales (Baz-Lomba *et al.*, 2016; Kankaanpää *et al.*, 2014, 2016), la pureza de la droga incautada (Bruno *et al.*, 2018), los cálculos de distribución de jeringas (Been *et al.*, 2015) datos toxicológicos (Kankaanpää *et al.*, 2014, 2016) y número de consumidores de droga en tratamiento (Krizman *et al.*, 2016).

La mayoría de los estudios comparativos se ha llevado a cabo en Europa, concretamente en Bélgica (van Wel *et al.*, 2016a), Croacia (Krizman *et al.*, 2016), Alemania (Been *et al.*, 2016a), Finlandia (Kankaanpää *et al.*, 2014, 2016), Italia (Castiglioni *et al.*, 2016), España (Bijlsma *et al.*, 2018), Suiza (Been *et al.*, 2015; Been *et al.*, 2016b), Turquía (Daglioglu, 2019) y en países europeos (Baz-Lomba *et al.*, 2016, Castrignanò *et al.*, 2018, Löve *et al.*, 2018). Fuera de Europa, en los últimos años se han publicado estudios en los que se comparan los cálculos basados en las aguas residuales con otras fuentes

de datos en China (Du *et al.*, 2015), Australia (Tscharke *et al.*, 2015) y en países donde los datos sobre el consumo de drogas es limitado debido a restricciones de carácter financiero o a la falta de herramientas de vigilancia (Archer *et al.*, 2018; Moslah *et al.*, 2018; Nguyen *et al.*, 2018).

Estos ejemplos confirman el prometedor futuro de la epidemiología basada en el análisis de aguas residuales como método complementario para obtener una perspectiva más precisa y equilibrada sobre el consumo de sustancias en diferentes comunidades. El análisis de las aguas residuales permite prever los resultados de las encuestas de población y puede emplearse a modo de instrumento de «alerta temprana» en la detección de nuevas tendencias en el consumo de drogas. Para verificar la calidad y exactitud de los datos, es preciso efectuar ulteriores comparaciones entre el análisis de aguas residuales y los datos obtenidos con otros indicadores.

Limitaciones de este método

El análisis de las aguas residuales ofrece una interesante fuente de datos complementaria para supervisar la cantidad de drogas ilegales consumidas por la población, pero no puede facilitar información sobre la prevalencia ni la frecuencia del consumo, las principales clases de consumidores o la pureza de las drogas. Otras dificultades derivan de las incertidumbres asociadas al comportamiento de los biomarcadores seleccionados en la red de alcantarillado, los diferentes métodos de cálculo retrospectivo y los diferentes enfoques utilizados para estimar el tamaño de la población analizada (Castiglioni *et al.*, 2013, 2016; Lai *et al.*, 2014; EMCDDA, 2016b). Las reservas a la hora de seleccionar los objetivos analíticos en el caso de la heroína, por ejemplo, hacen que el seguimiento de esta droga en las

aguas residuales resulte más complicado que el de otros sustancias (Been *et al.*, 2015). Asimismo, la pureza de los productos que se venden a pie de calle presenta fluctuaciones imprevisibles a lo largo del tiempo y en función del lugar. Además, traducir la conversión de las cantidades totales consumidas al correspondiente número de dosis medias es complicado, ya que las drogas pueden ingerirse por diferentes vías y en cantidades que varían considerablemente, a la vez que el grado de pureza fluctúa (Zuccato *et al.*, 2008).

Se están realizando esfuerzos para mejorar los enfoques en materia de seguimiento de las aguas residuales. Por ejemplo, se han emprendido trabajos con el fin de superar una importante fuente de incertidumbre relacionadas con el cálculo del número de personas presentes en una captación de alcantarillado en el momento de la recogida de muestras. En este sentido, se utilizaron datos de dispositivos móviles con el fin de calcular mejor el tamaño de la población dinámica para la epidemiología basada en el análisis de aguas residuales (Thomas *et al.*, 2017).

| Nuevas evoluciones y el futuro

La epidemiología basada en el análisis de aguas residuales se ha consolidado como una herramienta importante para controlar el seguimiento del consumo de drogas ilegales y se ha analizado la futura orientación de las investigaciones en materia de aguas residuales (EMCDDA, 2016b).

En primer lugar, el análisis de las aguas residuales se ha propuesto como instrumento a través del cual dar respuesta a algunos de los problemas relacionados con el mercado dinámico de nuevas sustancias psicoactivas (NSP). Esto incluye la gran cantidad de NSP concretas, la prevalencia relativamente baja de su consumo y la circunstancia de que muchos consumidores no saben en realidad qué sustancias están consumiendo. Se ha establecido una nueva técnica para detectar las NSP que comprende la recogida y el análisis de orina depositada en urinarios portátiles ubicados en locales nocturnos, centros urbanos y festivales musicales, lo que ofrece datos puntuales sobre las NSP que se están consumiendo exactamente en lugares concretos (Archer *et al.*, 2013a, 2013b, 2015; Causanilles *et al.*, 2017b; Kinyua, *et al.*, 2016; Mackulak *et al.*, 2019; Mardal *et al.*, 2017; Reid *et al.*, 2014). El proyecto europeo «NPS euronet» tenía por objeto mejorar la capacidad para detectar y evaluar las NSP consumidas en Europa. El proyecto aplicó innovadores métodos analíticos epidemiológicos y químicos y un sólido procedimiento de evaluación de riesgos con el fin de mejorar la detección de NPS, para evaluar los riesgos y para estimar el alcance y los patrones de consumo en grupos específicos (por ejemplo, en festivales de música) y entre la población general (Bade *et al.*, 2017; González-Mariño *et al.*, 2016).

En segundo lugar, aparte de calcular el consumo de drogas ilegales, a lo largo de los últimos años se ha aplicado con éxito la epidemiología basada en el análisis de aguas residuales con el fin de proporcionar información detallada sobre el consumo y el uso indebido de alcohol (Boogaerts *et al.*, 2016; Mastroianni *et al.*, 2017; Rodríguez-Álvarez *et al.*, 2015), el tabaco (Senta *et al.*, 2015; van Wel *et al.*, 2016b) y los fármacos en una población específica (Baz-Lomba *et al.*, 2016, 2017; Been *et al.*, 2015; Krizman-Matasic *et al.*, 2018; Salvatore *et al.*, 2016). Además, el análisis de las aguas residuales puede aportar información sobre los indicadores de salud y enfermedad en una comunidad (Kasprzyk-Hordern *et al.*, 2014; Thomaidis *et al.*, 2016; Yang *et al.*, 2015).

En tercer lugar, todavía no se ha explorado plenamente el potencial de la epidemiología basada en el análisis de las aguas residuales en tanto que herramienta capaz de utilizarse como instrumento para la medición de resultados, en concreto en la evaluación de la eficacia de las intervenciones dirigidas a la oferta de drogas (por ejemplo, la actuación policial) o su demanda (por ejemplo, campañas de salud pública). Se recomienda encarecidamente fomentar la estrecha colaboración entre las distintas partes interesadas, incluidos epidemiólogos, expertos en aguas residuales y autoridades jurídicas, a fin de empezar a examinar dichas aplicaciones potenciales de la epidemiología basada en el análisis de las aguas residuales (EMCDDA, 2016b). El proyecto WATCH incluyó una campaña de seguimiento de la producción de drogas sintéticas de 30 días de duración en tres ciudades de Bélgica y los Países Bajos. Se registraron altos niveles de MDMA durante todo el período de seguimiento en una ciudad de los Países Bajos, lo que apunta a continuos vertidos de MDMA no consumido a partir de fuentes situadas dentro de la zona de captación de las aguas residuales y, por lo tanto, indica que esta región es un foco importante de producción de droga.

En cuarto lugar, realizando un cálculo retrospectivo de las concentraciones diarias de residuos específicos en las aguas residuales, el análisis puede ofrecer estimaciones del consumo total, por lo que en la actualidad se han emprendido iniciativas específicas orientadas a determinar los procedimientos idóneos para el cálculo de los promedios anuales. En 2016, el EMCDDA presentó por primera vez sus estimaciones referidas a la magnitud del mercado minorista de drogas ilegales en relación con la cantidad y el valor de las principales sustancias consumidas (EMCDDA y Europol, 2016c). Está previsto que los resultados de los análisis de las aguas residuales puedan contribuir al ulterior desarrollo de las labores en este campo.

Por último, se han desarrollado nuevos métodos, tales como la elaboración de perfiles enantioméricos, para determinar si las concentraciones masivas de drogas en las aguas residuales se debe al consumo, a la eliminación de drogas

no consumidas o de residuos de la producción. Actualmente es importante evaluar la posible utilidad del análisis de las aguas residuales para informar sobre la dinámica de la oferta de drogas, lo que incluye la producción de drogas sintéticas (Emke *et al.*, 2014). Por ejemplo, recientemente se produjo un caso de mal funcionamiento de una pequeña planta de tratamiento de aguas residuales en los Países Bajos provocada por los vertidos directos en el sistema de alcantarillado de los residuos químicos procedentes de un centro de producción de droga. Análisis posteriores permitieron conocer el proceso de síntesis real utilizado para la fabricación de las correspondientes drogas. El estudio confirmó que los residuos químicos procedentes de la fabricación ilegal de estimulantes dará como resultado una huella química específica que podrá rastrearse en las aguas residuales y utilizarse con fines forenses. Estos perfiles pueden utilizarse para detectar la eliminación de residuos procedentes de la síntesis o la producción de drogas en la zona de captación de las aguas residuales (Emke *et al.*, 2018).

Se ha demostrado que el análisis de las aguas residuales puede servir como complemento útil de los instrumentos de seguimiento ya consolidados en el ámbito de las drogas. Ofrece algunas ventajas claras sobre otros enfoques, al no estar sujeto a sesgos de respuesta y ausencia de respuesta y puede determinar mejor el espectro real de drogas consumidas, ya que los usuarios desconocen en muchos casos la mezcla real de sustancias que toman. Esta herramienta también alberga potencial para ofrecer una información puntual en plazos breves sobre tendencias geográficas y temporales. Para verificar la calidad y exactitud de los datos, es preciso efectuar ulteriores comparaciones entre el análisis de aguas residuales y los datos obtenidos con otros indicadores.

Como método, el análisis de las aguas residuales ha pasado de ser una técnica experimental a convertirse en un nuevo método en la caja de herramientas epidemiológicas. Su capacidad para detectar rápidamente nuevas tendencias puede contribuir a que los programas de salud pública y las iniciativas políticas se centren en colectivos específicos y en las diferentes drogas que consumen.

El estudio realizado en Europa en 2018, que abarcó más de 70 ciudades, reveló un conjunto de diferentes patrones geográficos y temporales de consumo de drogas en las distintas ciudades europeas. Hay dos formas de visualizar los datos de este estudio: mediante la visualización de los datos en un mapa o mediante el uso de una herramienta especial de elaboración de gráficos. Puede cambiar entre los dos modos de visualización cuando lo desee.

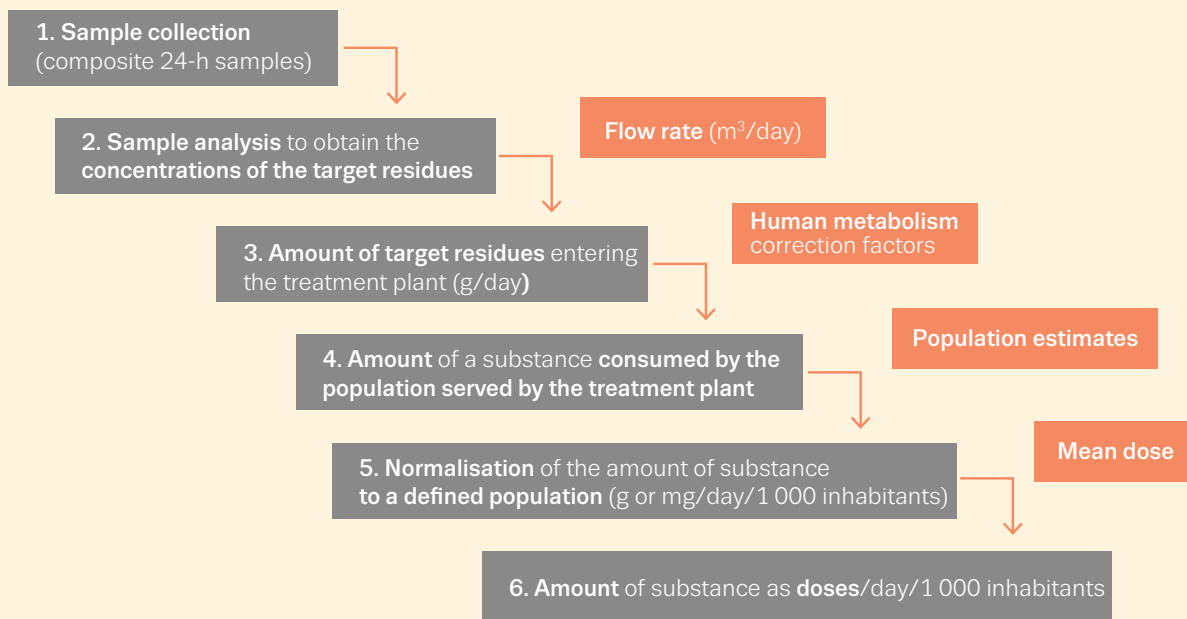
Entender el método utilizado para analizar las aguas residuales y abordar las cuestiones éticas

Para realizar una estimación de los niveles de consumo de drogas a partir de los análisis de las aguas residuales, los investigadores tratan en primer lugar de identificar y cuantificar residuos de drogas y, a continuación, hacen un cálculo retrospectivo para determinar la cantidad de drogas ilegales consumidas por la población atendida por las plantas de tratamiento de aguas residuales (Castiglioni *et al.*, 2014). Este proceso consta de varias fases (véase la figura). Inicialmente, se obtienen muestras compuestas de aguas residuales no tratadas de las alcantarillas de una zona geográfica definida. Seguidamente se analizan las muestras para determinar las concentraciones de los residuos de la droga objetivo. A continuación, se estima el consumo de droga mediante un cálculo retrospectivo que consiste en multiplicar la concentración de residuos de cada droga objetivo (ng/l) por el correspondiente caudal de aguas residuales (l/día). Como parte del cálculo, se aplica un factor de corrección para cada droga. El último paso consiste en dividir el resultado por la población atendida por la planta de tratamiento de aguas residuales, para obtener la cantidad de sustancia consumida al día por 1.000 habitantes. Las estimaciones a nivel de población se pueden calcular utilizando diferentes parámetros biológicos, los datos del censo, el número de conexiones en

los hogares, o la capacidad de diseño, pero la variabilidad total de las diferentes estimaciones suele ser muy elevada.

Si bien se utiliza principalmente para estudiar tendencias en el consumo de drogas ilegales en la población general, el análisis de las aguas residuales se ha aplicado también a pequeñas comunidades, como lugares de trabajo, centros escolares (Zuccato *et al.*, 2017), festivales de música, cárceles (Nefau *et al.*, 2017) y vecindarios específicos (Hall *et al.*, 2012).

La utilización de este método en comunidades pequeñas puede plantear algunos riesgos de índole ética (Prichard *et al.*, 2014), como la posible identificación de un grupo determinado dentro de la comunidad. En 2016, el grupo SCORE publicó directrices éticas referidas a la epidemiología basada en el análisis de aguas residuales y los ámbitos relacionados (Prichard *et al.*, 2016). El objetivo de estas directrices consiste en describir los principales riesgos éticos ligados al estudio de las aguas residuales y proponer estrategias para atenuarlos. Por atenuar los riesgos se entiende reducir la probabilidad de que se produzcan acontecimientos adversos o reducir al mínimo sus consecuencias.



Fuente: Castiglioni *et al.*, 2013a

Bibliografía

- Archer, J. R. H., Dargan, P. I., Hudson, S. and Wood, D. M. (2013a), 'Analysis of anonymous pooled urinals in central London confirms the significant use of novel psychoactive substances', *QJM*, 106(2), pp. 147–152.
- Archer, J. R. H., Hudson, S., Wood, D. M. and Dragan, P. I. (2013b), 'Analysis of urine from pooled urinals: a novel method for the detection of novel psychoactive substances', *Current Drug Abuse Reviews*, online publication, 5 December.
- Archer, J. R. H., Hudson, S., Jackson, O. (2015), 'Analysis of anonymized pooled urine in nine UK cities: variation in classical recreational drug, novel psychoactive substance and anabolic steroid use', *QJM*, 108 (12), pp. 929–933.
- Archer, E., Castrignanò, E., Kasprzyk-Hordern, B., Wolfaardt, G. M. (2018), 'Wastewater-based epidemiology and enantiomeric profiling for drugs of abuse in South African wastewaters', *Science of the Total Environment* 625, pp.7928–00.
- Bade, R., Bijlsma, L., Sancho, J. *et al.* (2017), 'Liquid chromatography-tandem mass spectrometry determination of synthetic cathinones and phenethylamines in influent wastewater of eight European cities', *Chemosphere* 168, pp.10321–041.
- Baz-Lomba, J. A., Salvatore, S., Gracia-Lor, E., *et al.* (2016), 'Comparison of pharmaceutical, illicit drug, alcohol, nicotine and caffeine levels in wastewater with sale, seizure and consumption data for 8 European cities', *BMC Public Health*, 16, 1, 1035.
- Baz-Lomba, J. A., Harman, C., Reid, M. and Thomas, K. V. (2017), 'Passive sampling of wastewater as a tool for the long-term monitoring of community exposure: Illicit and prescription drug trends as a proof of concept', *Water Research* 121, pp.2212–30.
- Been, F., Benaglia, L., Lucia, S., *et al.* (2015), 'Data triangulation in the context of opioids monitoring via wastewater analyses', *Drug and Alcohol Dependence*, 151, pp. 203–210.
- Been, F., Bijlsma, L., Benaglia, L., *et al.* (2016a), 'Assessing geographical differences in illicit drug consumption: A comparison of results from epidemiological and wastewater data in Germany and Switzerland', *Drug and Alcohol Dependence* 161, pp. 189–199.
- Been, F., Schneider, C., Zobel, F., Delémont, O., Esseiva, P. (2016b), 'Integrating environmental and self-report data to refine cannabis prevalence estimates in a major urban area of Switzerland', *International Journal of Drug Policy*, 36, pp. 33–40.
- Bijlsma, L., Celma, A., González-Mariño, I., *et al.* (2018), 'Wastewater-based epidemiology: applications towards the estimation of drugs of abuse consumption and public health in general. The Spanish network ESAR-Net', *Revista Española de Salud Pública*, 92. pii: e201808053.
- Boogaerts, T., Covaci, A., Kinyua, J., *et al.* (2016), 'Spatial and temporal trends in alcohol consumption in Belgian cities: A wastewater-based approach', *Drug and Alcohol Dependence* 160, pp. 170–176.
- Bramness, J.G., Reid M.J., Solvik, K.F. and Vindenes, V. (2014), 'Recent trends in the availability and use of amphetamine and methamphetamine in Norway', *Forensic Science International*, 246, pp. 92–97.
- Bruno, R., Edirisinghe, M., Hall, W., Mueller, J. F., Lai, F. Y., O'Brien J. W., Thai, P. K. (2018), 'Association between purity of drug seizures and illicit drug loads measured in wastewater in a South East Queensland catchment over a six year period', *Science of the Total Environment* 635, pp. 779–783.

- Archer, J. R. H., Dargan, P. I., Hudson, S. and Wood, D. M. (2013a), 'Analysis of anonymous pooled urinals in central London confirms the significant use of novel psychoactive substances', *QJM*, 106(2), pp. 147–152.
- Archer, J. R. H., Hudson, S., Wood, D. M. and Dragan, P. I. (2013b), 'Analysis of urine from pooled urinals: a novel method for the detection of novel psychoactive substances', *Current Drug Abuse Reviews*, online publication, 5 December.
- Archer, J. R. H., Hudson, S., Jackson, O. (2015), 'Analysis of anonymized pooled urine in nine UK cities: variation in classical recreational drug, novel psychoactive substance and anabolic steroid use', *QJM*, 108 (12), pp. 929–933.
- Archer, E., Castrignanò, E., Kasprzyk-Hordern, B., Wolfaardt, G. M. (2018), 'Wastewater-based epidemiology and enantiomeric profiling for drugs of abuse in South African wastewaters', *Science of the Total Environment* 625, pp.7928–00.
- Bade, R., Bijlsma, L., Sancho, J. *et al.* (2017), 'Liquid chromatography-tandem mass spectrometry determination of synthetic cathinones and phenethylamines in influent wastewater of eight European cities', *Chemosphere* 168, pp.10321–041.
- Baz-Lomba, J. A., Salvatore, S., Gracia-Lor, E., *et al.* (2016), 'Comparison of pharmaceutical, illicit drug, alcohol, nicotine and caffeine levels in wastewater with sale, seizure and consumption data for 8 European cities', *BMC Public Health*, 16, 1, 1035.
- Baz-Lomba, J. A., Harman, C., Reid, M. and Thomas, K. V. (2017), 'Passive sampling of wastewater as a tool for the long-term monitoring of community exposure: Illicit and prescription drug trends as a proof of concept', *Water Research* 121, pp.2212–30.
- Been, F., Benaglia, L., Lucia, S., *et al.* (2015), 'Data triangulation in the context of opioids monitoring via wastewater analyses', *Drug and Alcohol Dependence*, 151, pp. 203–210.
- Been, F., Bijlsma, L., Benaglia, L., *et al.* (2016a), 'Assessing geographical differences in illicit drug consumption: A comparison of results from epidemiological and wastewater data in Germany and Switzerland', *Drug and Alcohol Dependence* 161, pp. 189–199.
- Been, F., Schneider, C., Zobel, F., Delémont, O., Esseiva, P. (2016b), 'Integrating environmental and self-report data to refine cannabis prevalence estimates in a major urban area of Switzerland', *International Journal of Drug Policy*, 36, pp. 33–40.
- Boogaerts, T., Covaci, A., Kinyua, J., *et al.* (2016), 'Spatial and temporal trends in alcohol consumption in Belgian cities: A wastewater-based approach', *Drug and Alcohol Dependence* 160, pp. 170–176.
- Bramness, J.G., Reid M.J., Solvik, K.F. and Vindenes, V. (2014), 'Recent trends in the availability and use of amphetamine and methamphetamine in Norway', *Forensic Science International*, 246, pp. 92–97.
- Castiglioni, S., Borsotti, A., Riva, F. and Zuccato, E. (2016), 'Illicit drug consumption estimated by wastewater analysis in different districts of Milan: A case study', *Drug and Alcohol Review* 35, pp. 128–132.
- Castiglioni, S., Thomas, K. V., Kasprzyk-Hordern, B., Vandam, L. and Griffiths, P. (2014), 'Testing wastewater to detect illicit drugs: State of the art, potential and research needs', *Science of the Total Environment* 487, pp. 613–620.
- Castiglioni, S., Bijlsma, L., Covaci A., *et al.* (2013), 'Evaluation of uncertainties associated with the determination of community drug use through the measurement of sewage drug biomarkers', *Environmental Science and Technology*, 47(3), pp. 1452–1460.
- Castrignanò, E., Yang, Z., Bade, R., *et al.* (2018), 'Enantiomeric profiling of chiral illicit drugs in a pan-European study', *Water Research* 130, pp.1511–60.

- Causanilles, A., Baz-Lomba, J. A., Burgard, D. A., *et al.* (2017a), 'Improving wastewater-based epidemiology to estimate cannabis use: Focus on the initial aspects of the analytical procedure', *Analytica Chimica Acta* 988, pp. 273–3.
- Causanilles, A., Kinyua, J., Ruttkies, C., *et al.* (2017b), 'Qualitative screening for new psychoactive substances in wastewater collected during a city festival using liquid chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry', *Chemosphere* 184, pp. 11861–193.
- Daughton, C.G. (2001), 'Emerging pollutants, and communicating the science of environmental chemistry and mass spectrometry: pharmaceuticals in the environment', *American Society for Mass Spectrometry*, 12, pp. 1067–1076.
- Du, P. (2015), 'Methamphetamine and ketamine use in major Chinese cities, a nationwide reconnaissance through sewage-based epidemiology', *Water Research*, Volume 84, pp. 76–84.
- EMCDDA (European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction) (2016a), *European Drug Report: Tends and Developments*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- EMCDDA (2016b), *Assessing illicit drugs in wastewater: Advances in wastewater-based drug epidemiology*, Insights, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- EMCDDA and Europol (2016c), *EU Drug Markets Report*, Joint publications, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- EMCDDA (2017), *European Drug Report: Tends and Developments*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Emke, E., Evans, S., Kasprzyk-Hordern, B. and de Voogt, P. (2014), 'Enantiomer profiling of high loads of amphetamine and MDMA in communal sewage: A Dutch perspective', *Science of The Total Environment* 487, pp.6666–72.
- González-Mariño, I., Gracia-Lor, E., Rousis, N., *et al.* (2016), 'Wastewater-based epidemiology to monitor synthetic cathinones use in different European countries', *Environmental Science and Technology* 50, pp.10089–10096.
- Hall, W., Prichard, J., Kirkbride, P., *et al.* (2012), 'An analysis of ethical issues in using wastewater analysis to monitor illicit drug use', *Addiction*, 107(10), pp. 1767–1773.
- Kankaanpää, A., Ariniemi, K., Heinonen, M., Kuoppasalmi, K., Gunnar T. (2016), 'Current trends in Finnish drug abuse: Wastewater based epidemiology combined with other national indicators', *Science of the Total Environment*, 568, pp. 864–874.
- Kasprzyk-Hordern, B., Bijlsma, L., Castiglioni, S., *et al.* (2014), 'Wastewater-based epidemiology for public health monitoring', *Water and Sewerage Journal*, 4, pp. 25-26.
- Kinyua, J., Negreira, N., Miserez, B., *et al.* (2016), 'Qualitative screening of new psychoactive substances in pooled urine samples from Belgium and United Kingdom', *Science of the Total Environment*, 573, pp. 1527–1535.
- Krizman, I., Senta, I., Ahel, M., Terzic, S. (2016), 'Wastewater-based assessment of regional and temporal consumption patterns of illicit drugs and therapeutic opioids in Croatia', *Science of the Total Environment*, 566-567, pp. 454–462.
- Krizman-Matasic, I., Kostanjevecki, P., Ahel, M. and Terzic, S. (2018), 'Simultaneous analysis of opioid analgesics and their metabolites in municipal wastewaters and river water by liquid chromatography-tandem mass spectrometry', *Journal of Chromatography A* 19, pp.1021–11.
- Lai, F.Y. , Anuj, S., Bruno, R., *et al.* (2014), 'Systematic and day-to-day effects of chemical-derived population estimates on wastewater-based drug epidemiology', *Environmental Science and Technology* 49, pp. 999–1008.

- Löve A. S. C., Baz-Lomba, J. A., Reid, M., *et al.* (2018), 'Analysis of stimulant drugs in the wastewater of five Nordic capitals', *Science of the Total Environment* 627, pp.10391–047.
- Mardal, M., Kinyua, J., Ramin, P., *et al.* (2017), 'Screening for illicit drugs in pooled human urine and urinated soil samples and studies on the stability of urinary excretion products of cocaine, MDMA, and MDEA in wastewater by hyphenated mass spectrometry techniques', *Drug Testing and Analysis* 9, pp. 1061–14.
- Mastroianni, N., López-García, E., Postigo, C., *et al.* (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', *Science of the Total Environment* 609, pp. 9169–26.
- Néfau, T., Sannier, O., Hubert, C., Karolak, S., Lévi, Y. (2017), 'Analysis of drugs in sewage: an approach to assess substance use, applied to a prison setting', Observatoire Français des Drogues et des Toxicomanies, Paris.
- Ort, C., van Nuijs A.L.N., Berset J-D, *et al.* (2014), 'Spatial differences and temporal changes in illicit drug use in Europe quantified by wastewater analysis', *Addiction*, 109, doi: 10.1111/add.12570
- Prichard, J., Hall, W., de Voogt, P. and Zuccato, E. (2014), 'Sewage epidemiology and illicit drug research: the development of ethical research guidelines', *Science of the Total Environment*, 47(2), pp. 550–555.
- Prichard, J., Hall, W., Zuccato, E., de Voogt, P., Voulvoulis, N., Kummerer, K., Kasprzyk-Hordern, B. *et al.* (2016), 'Ethical research guidelines for wastewater-based epidemiology and related fields': www.emcdda.europa.eu/activities/wastewater-analysis.
- Reid, M. J., Langford, K. H., Grung, M., *et al.* (2012), 'Estimation of cocaine consumption in the community: a critical comparison of the results from three complimentary techniques', *BMJ Open*, 2(6).
- Reid, M. J., Baz-Lomba, J. A., Ryu, Y. and Thomas, K. V. (2014), 'Using biomarkers in wastewater to monitor community drug use: a conceptual approach for dealing with new psychoactive substances', *Science of The Total Environment* 487, pp. 651–658.
- Rodríguez-Álvarez, T., Racamonde, I., González-Mariño, I., *et al.* (2015), 'Alcohol and cocaine co-consumption in two European cities assessed by wastewater analysis', *Science of the Total Environment* 536, pp. 91–98.
- Senta, I., Gracia-Lor, M., Borsotti, A., *et al.* (2015), 'Wastewater analysis to monitor use of caffeine and nicotine and evaluation of their metabolites as biomarkers for population size assessment', *Water Research* 74, pp. 23–33.
- Thomaidis, N., Gago-Ferrero, P., Ort, C., *et al.* (2016), 'Reflection of socioeconomic changes in wastewater: licit and illicit drug use patterns', *Environmental Science & Technology* 50, 18 pp.100651–0072.
- Thomas, K. V., Bijlsma, L., Castiglioni, S., *et al.* (2012), 'Comparing illicit drugs use in 19 European cities through sewage analysis', *Science of the Total Environment*, 432, pp. 432–439.
- Thomas, K. V., Amador, A., Baz-Lomba, J. A. and Reid, M. (2017), 'Use of mobile device data to better estimate dynamic population size for wastewater-based epidemiology', *Environmental Science and Technology* 51, 19, pp. 113631–1370.
- Tossmann, P., Boldt, S. and Tensil, M.-D. (2001), 'The use of drugs within the techno party scene in European metropolitan cities', *European Addiction Research*, 7(1), pp. 2–23.

- | Tschärke, B. J., Chen, C., Gerber, J. P., White, J. M. (2015), 'Trends in stimulant use in Australia: A comparison of wastewater analysis and population surveys', *Science of the Total Environment*, 536, pp. 331–337.
- | Van Nuijs, A., Mougél, J.-F., Tarcomnicu, I., *et al.* (2011), 'Sewage epidemiology: a real-time approach to estimate the consumption of illicit drugs in Brussels, Belgium', *Environment International*, 27, pp. 612–621.
- | van Wel, J., Kinyua, J., van Nuijs, A., van Hal, G., Covaci, A. (2015), 'Methodological considerations for combining wastewater-based epidemiology with survey research', *Archives of Public Health*, 73, Suppl. 1, p. 29.
- | van Wel, J. H. P., Kinyua, J., van Nuis, A. L. N., *et al.* (2016a), 'A comparison between wastewater-based drug data and an illicit drug use survey in a selected community', *International Journal of Drug Policy*, 34, pp. 20–26.
- | van Wel, J. H. P., Gracia-Lor, E., van Nuijs, A. L. N., *et al.* (2016b), 'Investigation of agreement between wastewater-based epidemiology and survey data on alcohol and nicotine use in a community', *Drug and Alcohol Dependence* 162, pp. 170–175.
- | Yang, Z., Anglès d'Auriac, M., Goggins, S., *et al.* (2015) 'A novel DNA biosensor using a ferrocenyl intercalator applied to the potential detection of human population biomarkers in wastewater', *Environmental Science and Technology* 49(9), pp. 5609–5617.
- | Zuccato, E., Chiabrando, C., Castiglioni, S., Bagnati, R. and Fanelli, R. (2008), 'Estimating community drug abuse by wastewater analysis', *Environmental Health Perspectives*, 116(8), pp. 1027–1032.
- | Zuccato, E., Castiglioni, S., Senta, I., *et al.* (2016), 'Population surveys compared with wastewater analysis for monitoring illicit drug consumption in Italy in 2010–2014', *Drug and Alcohol Dependence* 161, pp 178–188.
- | Zuccato, E., Gracia-Lor, E., Rousis, N. I., Parabiaghi, A., Senta, I., Riva, F. and Castiglioni S. (2017), 'Illicit drug consumption in school populations measured by wastewater analysis', *Drug and Alcohol Dependence* 178, pp.2852–90.