



# 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 60 ciudades europeas (en adelante, las «ciudades») con el fin de estudiar las pautas de consumo de droga de sus habitantes. 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 constituye una disciplina científica en rápida evolución, potencialmente capaz de facilitar un seguimiento de los datos en tiempo real sobre tendencias geográficas y temporales en el consumo de drogas ilegales. Originalmente utilizado en la década de 1990 para evaluar el impacto medioambiental de los residuos líquidos domésticos, este método ha sido utilizado 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, de un conducto que lleva esas aguas a una depuradora. De esta forma, los científicos pueden estimar la cantidad de drogas consumidas en la 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 de coordinar los estudios internacionales mediante el establecimiento de un protocolo común de actuación <sup>(1)</sup>. 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.*,

<sup>(1)</sup> El protocolo puede consultarse en el sitio web del EMCDDA: [www.emcdda.europa.eu/wastewater-analysis](http://www.emcdda.europa.eu/wastewater-analysis)



2012). Dicho estudio incluyó asimismo el primer ejercicio de intercalibración para la evaluación de 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 cuatro años siguientes y hasta 2017 se emprendieron estudios comparables en 56 ciudades y 19 países europeos. En todas las localidades se utilizó un mismo protocolo y un mismo método de control de calidad, lo que permitió comparar directamente la presencia de drogas ilegales en Europa durante un período de una semana durante siete años consecutivos. Para la campaña de vigilancia de las aguas residuales de 2017, 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 compuesto original (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 benzoilcgonina (BE) y el THC-COOH (11-nor-9-carboxi-delta9-tetrahidrocannabinol).

El presente informe se centra en los estimulantes ilegales. No se comunicó resultado alguno en el caso del cannabis, ya que la epidemiología del THC-COOH basada en el análisis de las aguas residuales presenta una serie de dificultades técnicas que son objeto de la investigación en curso (Causanilles *et al.*, 2017a).

### Pautas de consumo de drogas ilegales: variación geográfica y temporal

#### Principales conclusiones de 2017

El proyecto reveló un panorama de patrones geográficos y temporales del consumo de drogas diferentes 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 es más elevado en las ciudades del oeste y sur de Europa, concretamente en ciudades de Bélgica, los Países Bajos, España y el Reino Unido. El análisis de las aguas residuales indica que el consumo de cocaína es entre muy bajo e insignificante en la mayoría de las ciudades de Europa oriental.

Las concentraciones de anfetamina detectadas en las aguas residuales varían considerablemente en función de la



localidad objeto de estudio, encontrándose 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 anfetamina mucho menores.

Por el contrario, el consumo de metanfetamina, generalmente bajo e históricamente concentrado en la República Checa y Eslovaquia, parece registrarse ahora también en Chipre, el este de Alemania y el norte de Europa. Las concentraciones de metanfetamina observadas en los demás lugares son muy bajas o insignificantes.

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

Diez países participantes en la campaña de vigilancia de 2017 incluyeron dos o más lugares de estudio (Bélgica, Chipre, República Checa, Alemania, Finlandia, Francia, los Países Bajos, Portugal, España y el Reino Unido). El estudio reveló también 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 diferentes lugares, 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 los patrones geográficos, 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 BE y MDMA en las aguas residuales durante los fines de semana (de viernes a lunes) que durante los días de la semana. Sin embargo, se observó una distribución más uniforme del consumo de anfetaminas durante toda la semana.

## Datos relativos a las tendencias

Veintiún ciudades han participado en, como mínimo, cinco de las campañas anuales de vigilancia de las aguas residuales organizadas desde 2011, lo que permite elaborar un análisis temporal de tendencias del 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 cambiando, 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. La mayor parte de las 13 ciudades con datos relativos a 2011 y 2017 registran tendencias en aumento a largo plazo.

En las siete campañas de vigilancia, las máximas concentraciones de MDMA se detectaron sistemáticamente en las aguas residuales de las ciudades belgas y neerlandesas. Respecto a las tendencias a 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 2017 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.

En términos generales, los datos sobre anfetaminas y metanfetaminas obtenidos en las siete campañas de vigilancia no revelaron cambios importantes en las pautas generales de consumo observadas.

## Comparación con los resultados obtenidos con otros instrumentos de vigilancia

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

## 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

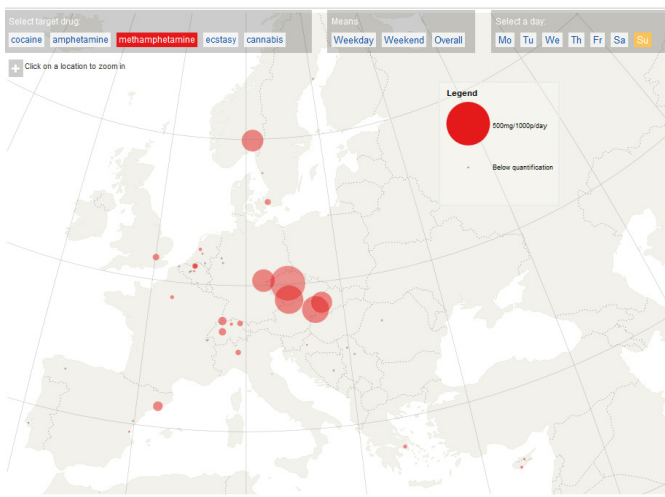
El análisis de las aguas residuales se basa en el hecho de que en nuestra orina excretamos trazas de casi todo lo que consumimos, incluidas las drogas ilegales. El residuo de la droga de interés es lo que queda en las aguas residuales después de su excreción y se utiliza para cuantificar el consumo de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

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 (EMCDD, 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

## Sitio web interactivo



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

de cuantificación de 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 (EMCDD, 2016a). Tales conclusiones se han visto ratificadas 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 la República Checa, Eslovaquia, 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.

De igual modo, tanto los estudios basados en el consumo autodeclarado de drogas como en los datos de los análisis de las aguas residuales apuntan a las mismas variaciones semanales en el consumo, concentrado principalmente en eventos de carácter musical durante los fines de semana y en el contexto de celebraciones en el caso de estimulantes como la anfetamina y la cocaína (Tossmann *et al.*, 2001).

Se ha publicado un número limitado, si bien en continuo aumento, 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 un estudio publicado intentó evaluar el análisis de aguas residuales aplicando en paralelo técnicas epidemiológicas tradicionales (Reid *et al.*, 2012), tal cifra ha aumentado ahora hasta alcanzar unos 20 artículos de investigación publicados, centrados en comparar la información aportada por el análisis de aguas residuales con la información aportada 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 han comparado y correlacionado las estimaciones de consumo de drogas ilegales basadas en el análisis de las aguas residuales con otras fuentes de datos, incluidos 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), estimaciones de distribución de jeringas (Been *et al.*, 2015) datos toxicológicos (Kankaanpää *et al.*, 2014, 2016) y número de consumidores de drogas sujetos a 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), Suiza (Been *et al.*, 2015; Been *et al.*, 2016b) 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 que 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).

Estos ejemplos confirman el futuro prometedor 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 puede predecir los resultados de las encuestas de población y puede emplearse a modo de instrumento de «alerta temprana» en la identificación de nuevas tendencias en el consumo de drogas.



## Limitaciones de este método

El análisis de las aguas residuales ofrece una interesante fuente de datos complementaria para vigilar 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 se deben a 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). Los problemas para seleccionar los objetivos analíticos en el caso de la heroína, por ejemplo, hacen que la vigilancia de esta droga en las aguas residuales sea más complicada que la de otras sustancias (Been *et al.*, 2015). Asimismo, la pureza de los productos que se venden en la calle fluctúa de manera imprevisible a lo largo del tiempo y según el lugar. Por otra parte, la conversión de las cantidades totales consumidas en el correspondiente número de dosis medias es complicada, porque las drogas pueden tomarse por diferentes vías y en cantidades que varían mucho, y 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 desarrollado trabajos para superar una importante fuente de incertidumbre relacionada con el cálculo del número de personas presentes en una captación de alcantarillado en el momento de la recogida de muestras. Esto implicó la utilización de datos de dispositivos móviles para 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 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). Ello incluye la gran cantidad de NSP individuales, la prevalencia relativamente baja de su consumo y la circunstancia de que numerosos consumidores no saben en realidad qué sustancias están consumiendo. Se ha establecido una nueva técnica para identificar NSP que entraña 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; Mardal *et al.*, 2017; Reid *et al.*, 2014). El proyecto europeo «NPS euronet» tiene por objeto mejorar la capacidad para identificar y evaluar las NSP utilizadas en Europa. El proyecto aplica innovadores métodos epidemiológicos y químicos analíticos y un sólido procedimiento de evaluación de riesgos para mejorar la identificación 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 del 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 medicamentos 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, no se ha explorado aun íntegramente el potencial de la epidemiología basada en el análisis de las aguas residuales en cuanto a su uso como instrumento de medición de resultados, concretamente 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). Es muy recomendable 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).

En cuarto lugar, realizando un cálculo retrospectivo de las concentraciones diarias de residuos específicos en las aguas residuales, el análisis de estas puede ofrecer unas estimaciones del consumo total, por lo que en la actualidad se han emprendido iniciativas específicas encaminadas 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 obtenidos a través del análisis de las aguas residuales puedan contribuir al ulterior desarrollo del trabajo 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 medicamentos no utilizados o a la eliminación de residuos de producción. En la actualidad 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).

Se ha demostrado que el análisis de las aguas residuales puede servir como complemento útil de los instrumentos de vigilancia 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 identificar 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 el potencial de ofrecer una información puntual en plazos breves sobre tendencias geográficas y temporales. Para verificar la calidad y la exactitud de los datos, se tienen que hacer otras comparaciones entre el análisis de aguas residuales y los datos obtenidos con otros indicadores.

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 ayudar a que los programas de salud pública y las iniciativas políticas se centren en colectivos específicos de personas y en las diferentes drogas que consumen.

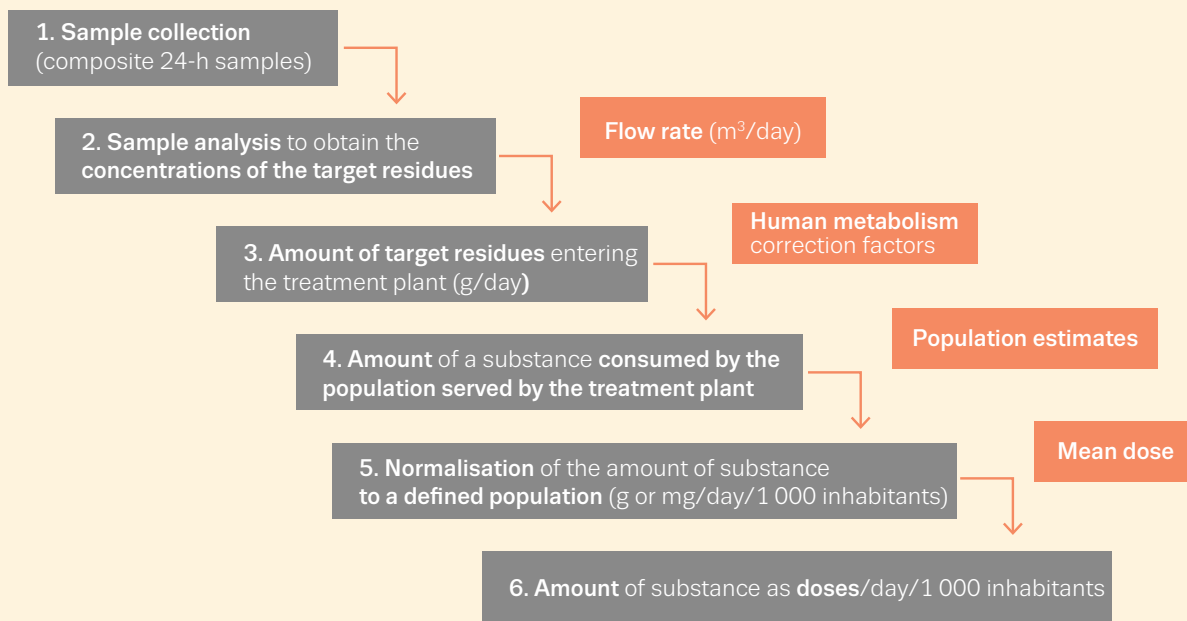
## Entender el método utilizado para analizar las aguas residuales y abordar las cuestiones éticas

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.
- 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. 10391–1047.
- 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](http://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.
- | Tscharke, 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., Mougel, 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.