

O-6 Análisis descentralizado: Otros contenidos para la enseñanza de la Química Analítica
M.T. Fernández Abedul
Departamento de Química Física y Analítica. Universidad de Oviedo

Esta comunicación se enmarca dentro de las "III Jornadas sobre estrategias para la innovación de la actividad docente en Química Analítica: Contenidos y Herramientas" en la parte correspondiente a los contenidos.

Teniendo en cuenta que la Química Analítica es la ciencia de la información que desarrolla metodologías y dispositivos para conocer la composición y naturaleza (bio)química de la materia, y estando inmersos en la era de la **información**, cabe esperar que ésta sea una época dorada para nuestra disciplina. Sin embargo, si no prestamos atención a los requisitos que demanda hoy la sociedad y no consideramos los dispositivos actuales como "realizadores" de un proceso analítico, es muy probable que ésta se diluya en el resto de disciplinas. Con ello, una gran parte de las plataformas analíticas actuales quedarían relegadas a un papel secundario dentro del conjunto de *gadgets* de gran desarrollo tecnológico. Y todo, en un avance exponencial que no ha hecho más que empezar.

Todos conocemos las distintas etapas del proceso analítico, que van de una muestra a un resultado, o de forma más completa, de un problema a una solución. La pregunta clave es: **¿Dónde se realiza este proceso analítico?, ¿Dónde debería de realizarse para obtener la mayor eficiencia?** Tras unos segundos de reflexión, seguramente la imagen de una sala blanca y limpia con personal cualificado que realiza distintas tareas entre equipos más o menos complejos, ordenadores, grandes analizadores automáticos, recipientes y micropipetas, *kits* de reactivos..., es la primera que viene a nuestra mente: un laboratorio de un centro específico. Pero, ¿Qué pasaría si los protocolos fueran tan simples que no hiciera falta personal cualificado y si los equipos fueran sencillos, portátiles e incluso desechables? Entonces, **el análisis sería descentralizado**, que es lo que realmente **demandada la sociedad**.

Cada vez es más habitual encontrar en la literatura científica los vocablos: *in field*, *on-site*, *in situ* u *on-line analysis*, así como *point-of-care*, *-of-need*, *-of-use* para referirse a análisis realizados en el sitio donde son requeridos. Por otra parte, estamos totalmente inmersos en la era de la información, con millones de entradas de información a sólo un *click* de ratón. Como ejemplo, si insertamos "síntomas de infarto de miocardio" en Google (septiembre 2017) obtenemos aproximadamente 514.000 resultados en 0,60 segundos. Sin embargo, ante un dolor fuerte en el pecho, aunque dispongamos de toda esta información en menos de un segundo, probablemente no tendremos a mano un *kit* de análisis que nos permita decidir si hay que acudir rápidamente a urgencias. Pero no por mucho tiempo, ya que cada vez más la sociedad exige información masiva y rápida con **requisitos muy específicos**.

¿Cuáles son estos requisitos? Hace unos años desarrollábamos metodologías sensibles y selectivas para obtener resultados exactos y precisos. Pero, ¿qué sucede ahora? Una rápida revisión de la literatura científica reciente indica que los dispositivos además tienen que ser: *wearable*, *foldable*, *disposable*, *hands-free*, *preparation-free*, *reagentless* o *wireless*, además de *self-contained* o *self-validating*, y, por supuesto, *low-cost*, *mass-produced*, *user-friendly* y *ready-to-use*, con medidas *real-time* y *on-demand*. Además, sería excelente que fueran *fully integrated* y por qué no *voice-activated*, por citar sólo algunos de los requisitos actuales.

Por otra parte, en cuanto a la información requerida podemos decir que **hoy nos interesa "todo"**. Nos situamos como centro de un sistema de referencia en el que la actividad física, la ingesta de alimentos, la

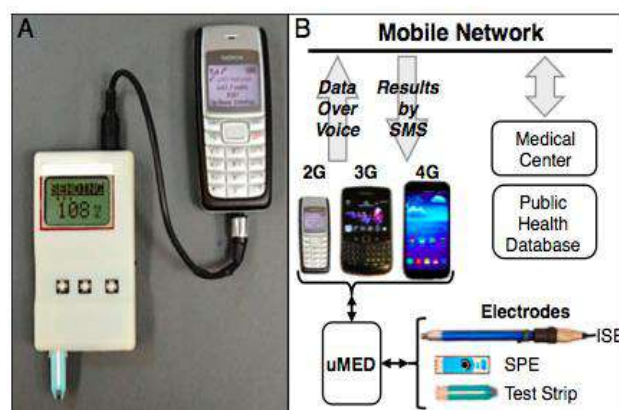
calidad del aire respirado, las constantes vitales y otros parámetros (bio)químicos son de gran relevancia. Por ejemplo, un análisis de cortisol que indique el grado de estrés de un sujeto o el nivel de lactato en sudor de un deportista pasan a ser información básica. En este contexto, es muy significativo el movimiento *Quantified self* (con G. Wolf y K. Kelly como promotores) basado en la incorporación de tecnología para la adquisición de datos que proporcionen información sobre aspectos de la vida diaria de una persona, de forma que se pueda crear una línea temporal e incluso dejar una “herencia digital”. Pero, ¿Dónde están aquí los resultados analíticos? En el campo clínico, la mayoría de los análisis se realizan en sangre ya que la obtención de conclusiones médicas con muestras como p.ej. lágrimas, sudor o saliva, no es fácil en muchos casos. Pero en cuanto se avance lo suficiente para considerar apropiadas muestras no invasivas, el análisis (bio)químico dará un salto enorme.

El interés social de esta autoinformación ha quedado plasmado en dos premios XPrize que se fallaron recientemente [1]: El Nokia Sensing XChallenge y el Qualcomm Tricorder XPrize. La convocatoria del primero indicaba *“Envision a future where everyone has access to affordable, personalized healthcare through sophisticated sensing technologies that put you in charge of your own health, where sensors and devices recognize and measure your personal health information, provide insights and recomendations relevant to you and communicate that information to your physician.”* El segundo anunciaba *“Imagine a portable, wireless device in the palm of your hand that monitors and diagnoses your health conditions. ..., independent of a health care worker or facility, and in a way that provides a compelling consumer experience. Science fiction becomes science reality”*.

Fruto de este interés es la gran cantidad de máscaras, moldes, lentillas, parches... que aparecen en la literatura científica para análisis de aire exhalado, saliva, lágrimas o sudor. Además, los equipos de lectura también se “movilizan”. Como ejemplo están las *Google Glasses* (proyecto de comercialización

detenido) o todas las plataformas móviles actuales (teléfonos, tabletas, relojes, anillos,...). Los teléfonos móviles son ya una herramienta imprescindible y por ello el acoplamiento con dispositivos analíticos resulta muy adecuado, evolucionando rápidamente desde los primeros prototipos (Fig. 1). En este caso, el aprovechamiento del canal audio permite el acoplamiento con terminales poco sofisticados técnicamente, de gran utilidad en países en desarrollo.

Figura 1. A) Universal mobile electrochemical device



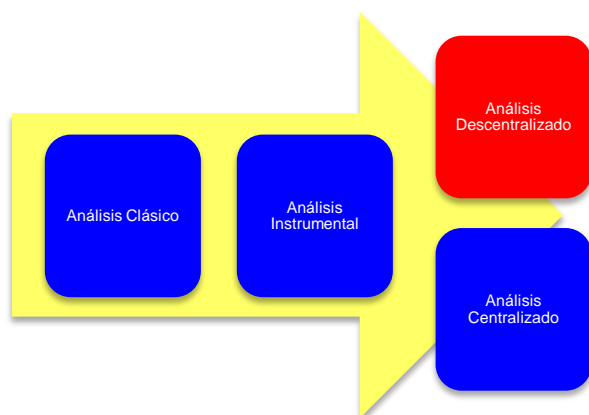
(uMED) como interfase entre una tira para determinación electroquímica de glucosa y un teléfono móvil “low-end” a través de un cable audio estándar. B) Esquema de las conexiones y flujo de datos desde los electrodos a través del uMED a una terminal remota (Imagen extraída de [2]).

El avance es hoy muy notable, con empresas que comercializan dispositivos “móviles” bajo el lema *“we fight chronic disease with a piece of paper, a smartphone and a drop of blood”* para *“integrated diagnostics and disease management”* [3] siendo ésta una línea de investigación de gran interés actual [4]. Por otra parte, los 15 países emergentes (BRIC y Next Eleven) suman más de cuatro mil millones de personas y, por lo tanto, además de ser una obligación moral puede considerarse una oportunidad de negocio. De cualquier manera, ya sea en países desarrollados o en desarrollo, siempre hay lugares remotos donde el análisis descentralizado es la única opción. Hace ya años, la *Royal Society of Chemistry* distribuyó unos pósteres con el slogan *“Not all chemists wear white coats”*, con fotos de astronautas, ingenieros petroquímicos o biólogos en

la Antártida y que podrían fácilmente trasladarse a nuestra disciplina con la frase: “No todos los análisis se hacen en un laboratorio”.

Ante este escenario, ¿qué hacemos?, ¿se está diluyendo la Química Analítica entre el resto de disciplinas? Dado que el objetivo de estos dispositivos es la obtención de información analítica, la Química Analítica debería de ser la “**disciplina coordinadora**” que reuniera: i) todas las **tendencias** (miniaturización, simplificación, reducción de costes...), ii) todos los **avances tecnológicos** (plataformas móviles, aplicaciones informáticas, ...) y iii) la gran cantidad de **dispositivos analíticos** miniaturizados desarrollados durante años de investigación (biosensores, *lab-on-a-chip*...), en un **cuerpo de contenidos** que conformara el **Análisis Descentralizado**. Éste sería un hito más en la **línea del tiempo del Análisis** (Fig. 2).

Figura 2. Línea del tiempo básica para el Análisis Químico



(posteriormente (bio)químico), con la introducción del Análisis Descentralizado.

Después de un **Análisis Clásico** con una parte muy importante de análisis cualitativo y (semi) cuantitativo de componentes mayoritarios y minoritarios, aparece el **Análisis Instrumental** con un aumento muy notable de la sensibilidad. La informatización da lugar a nuevas generaciones de equipos en los que desaparecen las teclas y botones y se integran los ordenadores. La línea continúa y el análisis centralizado seguirá desarrollándose con grandes innovaciones que permitan obtener información muy específica, resolver problemas analíticos que no puedan abordarse

“descentralizadamente”, confirmar o ampliar la información dada por metodologías *point-of-use* y desarrollar y validar nuevos métodos analíticos [5].

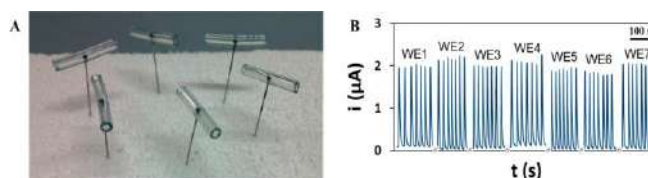
Sin embargo, y a la par, **surgen dispositivos** que siguen las tendencias de miniaturización, reducción de costes... [6] y lo hacen **con gran fuerza**. Hay que tener en cuenta, por ejemplo, que la revista *Biosensors and Bioelectronics* ocupa ya el segundo lugar entre 76 en la categoría *Chemistry, Analytical* del JCR. Entre los 25 artículos más citados (septiembre 2017), 18 están basados en una detección electroquímica. Ésta genera plataformas muy apropiadas para análisis descentralizado por su pequeño tamaño, sencillez y bajo coste (Fig. 3-5), entre otras muchas ventajas.



Figura 3. Celda electroquímica miniaturizada con electrodos de película fina metálica para volúmenes de 1-5 μL . Imagen tomada de [7].



Figura 4. Esquema del procedimiento para la determinación de Pb y Cd en aguas con electrodos insertados en el tapón del recipiente de muestreo.



Reimpresión de [8] con permiso de Elsevier.

Figura 5. A) Electrodos de trabajo basados en alfileres para detección en un sistema FIA. B) Precisión de las señales obtenidas para la determinación de glucosa empleando diferentes alfileres. Reimpresión con permiso, de [9]. © 2016 ACS.

Estas plataformas descentralizadas **requieren los mismos componentes y también desarrollan procesos analíticos**, pero se transforman para cubrir otras necesidades. Por ejemplo, un electrodo convencional es sustituido por una fina película conductora sobre papel y una fuente de radiación convencional por un diminuto LED. Estas características diferenciales de portabilidad, bajo coste y sencillez de unos dispositivos en auge, que no necesitan personal cualificado y ni siquiera mantenimiento, hacen necesario marcar un nuevo hito en la línea del tiempo, que permita **mantener la entidad de nuestra disciplina y asegurar su continuidad**.

El **Análisis (Bio)químico Descentralizado** surge entonces como conjunto de contenidos relativos al análisis, con cabida para todas las técnicas, y con base en todos estos dispositivos que se han nutrido de las tendencias científicas y de los avances tecnológicos recientes para responder a las demandas sociales. En un enfoque multidisciplinar, siempre habría que tener en cuenta que se obtiene una **información analítica**, y por ello, además de “vestibles” o “plegables” los dispositivos deberían de tener, por ejemplo, adecuada sensibilidad, selectividad, exactitud y precisión, siendo totalmente imprescindible la **coordinación por un profesional de Química Analítica**.

Los contenidos de este Análisis Descentralizado se están recogiendo en un libro que serviría de ayuda docente, al igual que ha sucedido con diferentes libros de Análisis Instrumental. De la misma manera, incluir una **asignatura de Análisis Descentralizado** en los planes de estudio sería muy conveniente. Ésta podría impartirse en diferentes Másteres (por ejemplo, en el Máster en Ciencias Analíticas y Bioanalíticas o el Máster en Biotecnología del Medioambiente y la Salud, ambos de la Universidad de Oviedo), bien como asignatura obligatoria u optativa. Además en el Grado en Química se podrían resumir las unidades principales para impartirlas en “Química Analítica”, bien como evolución y tendencias, o tras iniciar a los alumnos en las diferentes técnicas. Por otra parte, y como intersecta varias disciplinas podrían proponerse diferentes

asignaturas optativas: “Herramientas de análisis (bio)químico en medicina personalizada”, “Monitorización *in situ* de parámetros medioambientales”, “Análisis (bio)químico descentralizado en el campo alimentario”, “Fabricación de dispositivos integrados para análisis (bio)químico descentralizado”, “Dispositivos de análisis (bio)químico como estrategia empresarial” para los campos médico, medioambiental, alimentario, de ingeniería o economía respectivamente. Finalmente, teniendo en cuenta también que es un tema de gran interés para varias disciplinas, podría ser base de un MOOC (*Massive Open Online Course*).

Como conclusión, el Análisis Descentralizado: i) Es una **evolución y revolución** del Análisis (bio)químico, ii) reúne tendencias, avances y dispositivos analíticos cada vez más demandados y empleados por la sociedad y iii) es un conjunto de contenidos necesario para dar fuerza a nuestra disciplina. Hay que dejar que la línea del tiempo continúe y que la Química Analítica fluya en ella de forma natural. Seguro que incluirá, como nuevo hito, el Análisis Descentralizado exigido por la sociedad.

[1] www.xprize.org (último acceso 25/09/2017)

[2] A. Nemiroski, D.C. Christodouleas, J.W. Hennek, A.A. Kumar, E.J. Maxwell, M.T. Fernández-Abedul, G.M. Whitesides, *Universal mobile electrochemical detector designed for use in resource-limited applications*, *PNAS* 111 (2014) 11984-11989.

[3] www.janacare.com (último acceso 25/09/2017)

[4] D. Quesada-González, A. Merkoçi, *Mobile phone-based biosensing: An emerging “diagnostic and communication” technology*, *Biosens. Bioelectron.* 92 (2017) 549-562.

[5] *Automatización y miniaturización en Química Analítica*, M. Valcárcel, M.ª S. Cárdenas, Springer, Barcelona, 2000.

[6] *Miniaturization of Analytical Systems*, A. Ríos, A. Escarpa, B. Simonet, Wiley, West Sussex (UK), 2009.

[7] www.micruxfluidic.com (último acceso 25/09/2017)

[8] D. Martín-Yerga, I. Álvarez-Martos, M.C. Blanco-López, C.S. Henry, M.T. Fernández-Abedul, *Point-of-need simultaneous electrochemical detection of lead and cadmium using low-cost stencil-printed transparency electrodes*, *Anal. Chim. Acta* 981 (2017) 24-33.

[9] E.C. Rama, A. Costa-García, M.T. Fernández-Abedul, *Pin-based flow injection electroanalysis*, *Anal. Chem.* 88 (2016) 9958-9963.