



Sociedad Española de Química Analítica

Nº 3, Marzo 2003

# BOLETÍN

de la SOCIEDAD ESPAÑOLA de QUÍMICA ANALÍTICA  
Publicación trimestral de la SEQA  
<http://www.seqa.es>

## Índice

### 1. EL PROFESORADO UNIVERSITARIO ANTE LA CONVERGENCIA EUROPEA EN EDUCACIÓN SUPERIOR

*Miguel Valcárcel Cases*

### 2. HACIA LA MINIATURIZACIÓN EN QUÍMICA ANALÍTICA

*Lourdes Ramos*

### 3. EL PROYECTO DOCENTE

*Enrique Barrado*

### 4. TENDENCIAS EN ELECTROQUÍMICA ANALÍTICA

*Jose Manuel Pingarrón*

## 1. EL PROFESORADO UNIVERSITARIO ANTE LA CONVERGENCIA EUROPEA EN EDUCACIÓN SUPERIOR

***Miguel Valcárcel Cases***

*Universidad de Córdoba*

Las enseñanzas universitarias de primero, segundo y tercer ciclo van a sufrir una modificación profunda tanto en estructura como en contenido si se establece la convergencia europea en Educación Superior. A partir del año 2010 o antes, el proceso enseñanza-aprendizaje va a ser muy diferente en las universidades españolas.

Entre los puntos críticos más relevantes para alcanzar esta convergencia están: el desarrollo de un marco político y técnico eficaz y eficiente, el soporte económico-administrativo de las instituciones implicadas (Unión Europea, Administraciones Públicas, Conferencias de Rectores, Agencias de Calidad y Universidades), la integración plena del entorno socio-económico y el establecimiento de sistemas de garantía de calidad (ej. acreditación de titulaciones).

No obstante, el verdadero "cuello de botella" para alcanzar el éxito en la convergencia europea es el factor humano que está detrás de todos los puntos críticos descritos: los gestores a diferentes niveles (europeo, nacional, autonómico, universitario: rectorado, centros, departamentos), los agentes sociales, el profesorado y el alumnado. Pero no todos los grupos humanos tendrán el mismo impacto en la implantación y desarrollo de la convergencia. Desde mi punto de vista, el factor humano más sustancial es y será el del profesorado universitario. No preveo problemas relevantes en la gestión, ni en la participación de los agentes sociales, ni en el alumnado, que acogerá con entusiasmo la nueva forma de aprendizaje.

La "revolución" que se avecina es muy importante. Además de la nueva estructura (graduado-master-doctorado) y la evolución del crédito español al europeo (ECTS), deberá cambiarse el énfasis actual en la información de la materia específica por un enfoque más centrado en la formación general del estudiante.

En el ranking de las competencias de los futuros graduados, explicitado en el informe final del proyecto TUNING, destaca la garantía de que el alumno egresado tenga capacidad de síntesis, de

análisis, de resolver problemas, de aplicar los conocimientos a la práctica, de adaptarse a nuevas situaciones, de gestionar la información, de trabajar en equipo, de organizar y planificar, de trabajar de forma autónoma, entre otras.

Si contemplamos la realidad de las enseñanzas universitarias en España, se puede inferir que estamos a mucha distancia del planteamiento propuesto, que es ya una realidad en países avanzados desde hace años. Cuando se analizan los planes de estudio de las mismas, se critica desde aquí los escasos contenidos específicos (¡en España se imparte mucha más material!) y se olvida la formación integral del alumnado y su preparación para el mercado laboral. Eso sí, con excepciones notables que confirman la aproximación general.

En España existe un antecedente de cambio que debe tenerse presente en estos momentos para no cometer los mismos errores. La implantación de los denominados "nuevos planes de estudio" y "nuevas titulaciones" ha sido muy larga y creo que puede afirmarse que con poco éxito, debido a que se olvidó sistemáticamente al profesorado que debía proponer los nuevos planes e impartir las enseñanzas. Se ha dado prioridad a acaparar el máximo número de créditos para los departamentos, se han hecho adaptaciones muy "light" para mantener a ultranza las materias que se dominaba, se han intentado, y muchas veces conseguido, hacer un "by-pass" a innovaciones (tímidas) de interés e impacto, no se ha tenido en cuenta el mercado laboral de forma sistemática y, sobre todo, se ha olvidado al estudiante como pieza clave del proceso enseñanza-aprendizaje.

El profesorado es, a mi entender, el verdadero "cuello de botella" para alcanzar plenamente los objetivos de la convergencia europea. Debe propiciarse la renuncia a los hábitos ya establecidos, fomentando una actitud abierta, receptiva, progresista y favoreciendo su aptitud ante la nueva situación.

A la pregunta de que si el profesorado universitario español está preparado para el cambio que se avecina, la respuesta es no, en general. Además del abandono de la clase magistral como casi exclusiva vía de impartir enseñanzas y cambiar la metodología de impartición de clases prácticas, deberá tenerse presente la formación integral del estudiante, poner mayor énfasis en el mercado laboral y el aprendizaje de nuevas técnicas pedagógicas. Hay que tener presente también el envejecimiento del profesorado universitario en España, que en los próximos años alcanzará ya una media alarmante si no se toman medidas al respecto. ¿Recaerá la responsabilidad final del cambio en un

cuerpo de profesores de los cuales más de la mitad van a tener más de cincuenta años?

La secuencia informar-formar-implicar-involucrar es la que debe usarse para lograr la preparación del profesorado primero, y su compromiso después. La diferencia entre implicar e involucrar es la que existe entre hacer abluciones en el borde o sumergirse en la piscina de la convergencia europea.

Aunque ya se están desarrollando interesantes experiencias prácticas, como la implantación de los planes piloto en algunas titulaciones, hay que considerar desde el principio que el profesorado es un factor clave en la convergencia europea en Educación Superior. En urgente dedicar esfuerzos y recursos notables para su mentalización, formación e implicación en paralelo al desarrollo técnico de los marcos europeo, nacional, y universitario y no esperar al final, como es costumbre. Si no es así, el fracaso estará garantizado.

## 2. HACIA LA MINIATURIZACIÓN EN QUÍMICA ANALÍTICA

**Lourdes Ramos**

*Dpt. Análisis Instrumental y Química Ambiental  
IQOG, CSIC*

Los avances tecnológicos conseguidos en los últimos 15-20 años en el campo de la instrumentación analítica nos permiten disponer hoy día de detectores más sensibles y selectivos. Estas mejoras tecnológicas hicieron posible abordar el desarrollo de nuevos equipos miniaturizados, con características y prestaciones similares a los hasta entonces disponibles, y que permitieran llevar a cabo algunos de los tratamientos físicos o químicos a los que suele ser necesario someter las muestras medioambientales para hacerlas compatibles con la técnica analítica elegida para la detección final del analito.

Por sus características, estos pequeños instrumentos han contribuido de manera importante a ampliar el campo de aplicación de esas operaciones analíticas, haciendo posible determinaciones de campo e in-situ que hasta ese momento habían estado restringidas al ámbito del laboratorio por el tamaño y requerimientos de los equipos hasta entonces empleados para llevarlas a cabo.

La evolución dentro de este campo ha sido extremadamente rápida y en poco tiempo se pasó de realizar tratamientos relativamente sencillos o determinaciones de parámetros individuales a estar en disposición de acoplar en línea varios de estos sistemas, entre sí y/o con la técnica instru-

mental (de tamaño convencional o también miniaturizada) elegida para la detección de los compuestos de interés.

Las configuraciones instrumentales así conseguidas dan lugar a sistemas que integran las diferentes etapas del proceso analítico en un único sistema cerrado y susceptible de ser robotizado o automatizado para su control remoto. Al tratarse de sistemas en los que la preparación de muestra está acoplada a la etapa de análisis instrumental, la cantidad de matriz requerida para la determinación puede ser reducida a un mínimo (que vendrá determinado por la sensibilidad del detector elegido), ya que, en principio, todo el extracto es transferido sin pérdidas al detector.

Esta reducción en el tamaño de muestra de partida respecto al empleado en las metodologías convencionales hace posible, a su vez, una reducción proporcional de la cantidad de disolventes, reactivos químicos y adsorbentes necesarios para la preparación de la muestra, con el consecuente abaratamiento del coste total del análisis y la reducción de los residuos generados. La rapidez del proceso analítico, la minimización tanto del riesgo de contaminación de los extractos como de la exposición del operario a sustancias químicas nocivas y la simplicidad de su manejo son otras de las ventajas asociadas al uso de sistemas analíticos acoplados. Algunos de estos dispositivos funcionan desde hace años, por ejemplo, como estaciones remotas para la monitorización en tiempo real de los niveles de contaminantes de distinta naturaleza en aire y cursos fluviales, controlando las emisiones y efluentes de los posibles focos emisores, o en industrias, donde encuentran su aplicación para el control en línea de ciertos procesos.

El interés creciente que existe por realizar análisis químicos fidedignos in situ y en tiempo real justifica los esfuerzos actuales por desarrollar una instrumentación analítica cada vez más miniaturizada, esfuerzos que, sin embargo, van asociados (y dependen) del desarrollo de nuevos materiales y de la mejora de los componentes electrónicos y los microprocesadores. De igual manera, es importante mencionar que la miniaturización de los sistemas exige una comprensión profunda del fundamento analítico de la aplicación que se pretende llevar a cabo, de las diferentes opciones de fabricación existentes, de las propiedades de los materiales comerciales y de las leyes del escalado.

Las estructuras tridimensionales resultantes tienen tamaños que oscilan desde varios centímetros hasta sólo unos nanómetros e incluyen sensores, actuadores, microcomponentes y microsistemas. Entre los instrumentos de "mayor tamaño" se

incluirían los empleados para determinaciones de campo que, en su mayor parte, se basan en sistemas de detección espectrofotométrica, electroquímica o en sensores con membranas selectivas, y que resultan adecuados para realizar medidas en un punto concreto, e.g. para evaluar la calidad del agua de un río en un punto específico.

Sin embargo, cuando el objetivo es la vigilancia de un área más extensa y se precisa información química específica y con resolución espacial superior a la ofrecida por los satélites, e.g. en la monitorización de una cuenca completa, probablemente la mejor alternativa disponible hoy día sería el establecimiento de una red de sensores en la zona a controlar.

Es evidente que la necesidad de usar un tipo de sistema u otro, y por tanto de una miniaturización más o menos acusada de los equipos, viene determinada por el problema analítico planteado y que, si bien los avances tecnológicos de la última década permiten disponer de sistemas portátiles, microsistemas y sensores adecuados para aplicaciones específicas, la enorme variedad de las muestras susceptibles de ser analizadas y la variedad de las aplicaciones posibles contribuyen a aumentar la dimensión de los retos analíticos que hoy día se plantean en este campo de investigación.

Así, de la misma forma que el desarrollo de mini-sistemas adecuados para la extracción de muestras sólidas o semisólidas constituye aún un problema en el desarrollo de equipos portátiles para un número elevado de determinaciones de campo, la integración de las diferentes etapas implicadas en la preparación de muestra líquidas ambientales o biológicas sigue siendo la limitación más importante para el desarrollo de los conocidos como "*lab-on-valve*" o "*lab-on-chip*" y, por tanto, de verdaderos sistemas de análisis químico totalmente miniaturizados (los denominados "*miniaturised total chemical analysis system*",  $\mu$ TAS).

Los "*lab-on-chip*" (una de las configuraciones más avanzadas en el área de la microinstrumentación) se basan en el uso de microfluidos y consisten en redes de canales capilares de entre 50-300  $\mu$ m trazados sobre la superficie de un material determinado y a través de los cuales la muestra, los reactivos, los productos de reacción e incluso las células son impulsados hacia el detector mediante bombas de jeringa o de campos eléctricos aplicados para generar flujos electroosmóticos o electrocinéticos.

Sin duda, las aplicaciones más exitosas de los "*lab-on-chip*" hasta la fecha corresponden a las

conseguidas en combinación con equipos electrónicos portátiles para el análisis de macromoléculas biológicas.

Sin embargo, sus especiales características permiten pensar en su potencial futuro para determinaciones rápidas e in-situ en bioanálisis, análisis medioambiental, control de la calidad de los alimentos o en el control de procesos en la industria química, aunque para ello primero sea preciso superar algunas de las limitaciones tecnológicas anteriormente señaladas.

1. M.J. Madou, "Fundamental of microfabrication: the science of miniaturization". 2nd ed. Edit. CRC Press LLC, NY (2000).
2.  $\mu$ -TAS (revista virtual): <http://www.elsevier.com/vj/microTAS> (Elsevier, Amsterdam, Holanda).

### 3. EL PROYECTO DOCENTE

#### **Enrique Barrado**

*Departamento de Química Analítica. Universidad de Valladolid. 47005. Valladolid*

Lo que sigue es una visión particular que pretende ayudar a todos aquellos que necesitan presentarse a las habilitaciones a Profesor Titular, por lo que deben presentar un "Proyecto docente".

Etimológicamente "proyecto" proviene de "projectus" o "projuicio", lanzar lejos. Se trata de proponer un plan para ser realizado. Sobre esta máxima, un proyecto debe incluir, en mi opinión, **"la enunciación de unos objetivos, el modo de alcanzarlos y la evaluación de su consecución"**. Debe contemplar además, una **sistematización conceptual, etimológica y práctica de la Química Analítica**, en el contexto de los nuevos planes de estudio y en la dinámica que impone la **"declaración de Bolonia"** [1].

#### I. Objetivos

Un objetivo general de todo proyecto puede formularse como **"enseñar a aprender"**, pero para concretar más, pueden seguirse las sugerencias de la **"Declaración mundial sobre la Educación Superior en el Siglo XXI"** [2] de la **UNESCO**, donde se subraya que los sistemas de educación superior deberían:

- aumentar la capacidad para vivir en medio de la incertidumbre,
- transformar y provocar cambios que mejoren la atención de las necesidades sociales y fomenten la solidaridad y la igualdad, y

- colocar a los estudiantes en la perspectiva de una educación a lo largo de toda la vida.

Como consecuencia, de las misiones enunciadas para la enseñanza superior, creo que un buen proyecto debe incidir especialmente en:

- formar profesionales altamente cualificados y ciudadanos responsables, reforzando sus funciones críticas mediante un análisis constante.
- promover, generar y difundir conocimientos por medio de la investigación
- Formular objetivos y necesidades a largo plazo, comprometidos en el respeto y la protección del medio ambiente
- Establecer y reforzar vínculos con el mundo del trabajo, considerando las tendencias que se dan en el mundo laboral, científico, tecnológico y económico
- Innovación en la metodología educativa que fomente y propicie la adquisición de conocimientos prácticos, competencias y aptitudes para la comunicación, el análisis creativo y crítico, la reflexión independiente y el trabajo en equipo en contextos multiculturales y
- Contribuir a la construcción de un espacio abierto para la formación superior que propicie el aprendizaje permanente

Por tanto, sin perder coherencia interna –con los objetivos enunciados-, ni externa–con las características de nuestra Área y el entorno local y social en que tiene que desarrollarse-, debe ser lo suficientemente flexible y adaptable a los cambios continuos que en los actuales momentos se producen en la Universidad [3].

Esto es tanto más cierto cuanto que, ahora mismo, estamos inmersos en la dinámica que, con la vista puesta en el horizonte del 2010, está produciendo la declaración de Bolonia, cuya finalidad es la creación de un **"Espacio Europeo de Educación Superior"**, mediante la introducción de **"una serie de mejoras en los sistemas educativos de los estados de la Unión Europea que permitan una formación óptima de los estudiantes y su integración en un mercado laboral unificado y sin fronteras"**.

La modificación del concepto del **"crédito docente"** y la adaptación al **ECTS** (European Credit Transfer System) con el fin del reconocimiento y transferencia de estudios y calificaciones, implicará la reducción de la enseñanza expositiva o "clase magistral", (que en este momento y como

consecuencia de la masificación de los cursos y la carencias dotacionales, es la forma predominante para los créditos teóricos), aumentando la proporción de los seminarios, la enseñanza en grupos, el estudio de casos, el aprendizaje informal y la teleformación (enseñanza a distancia basada en las nuevas tecnologías) [4].

## 2. Desarrollo

En desarrollo del proyecto deben distinguirse, en mi opinión, tres bloques.

En primer lugar debe procederse a su **contextualización**, pues se trata evidentemente de un factor limitante. Para ello, siguiendo las sugerencias de Zabalza [5] hay que diferenciar entre espacios interiores (institucional, curricular, personal etc.) y exteriores de la Universidad (profesional etc.), dimensiones influyentes en el proceso de toma de decisiones.

El segundo bloque corresponderá al apartado **epistemológico y conceptual** [6-8]. Partiendo de la unidad original de la Ciencia y por tanto de la Química pueden analizarse muy resumidamente los principales hitos que originan y desarrollan la Química Analítica como disciplina científica teórico-práctica. Se expondrá a continuación el concepto actual de nuestra disciplina, con las dificultades de concreción que ello entraña; el objeto y los objetivos de la Química Analítica como ciencia metrológica y de la información; y la metodología científica que emplea la Química Analítica para alcanzar sus objetivos (proceso analítico y proceso de medida químico). Finalmente se hará una breve revisión de las fronteras y las tendencias de nuestra materia [9-10]

En el núcleo **programático-educativo** [11], se enunciarán, en primer lugar, los **objetivos** a alcanzar –consecuencia lógica de los apartados anteriores-. A continuación se propondrá el **programa**. En la presentación de cada tema debe incluirse los objetivos perseguidos, la bibliografía y la evaluación interna a la que se someterá al alumno en orden a comprobar la consecución de los objetivos propuestos.

A continuación se desarrollará de forma global la **metodología docente** [3, 11-15], considerando los diferentes aspectos: El binomio Profesor-Alumno, las **estrategias metodológicas** (clases teóricas, prácticas y de problemas, seminarios, la enseñanza en grupos, el estudio de casos, las tutorías, el aprendizaje informal y la teleformación), los **recursos didácticos** (de espacio, de tiempo, recursos audiovisuales y auxiliares, haciendo especial énfasis en Internet) y la **Evaluación** del alumno, del profesor y de la enseñanza, **como herramienta de control de calidad**.

Finalmente, en el último bloque se considerarán las **fuentes bibliográficas** de forma general, abarcando por consiguiente las necesidades docentes, de investigación y de desarrollo y aplicación de la metodología analítica para obtención de información y resolución de problemas.

....*Tu eres Pedro, y sobre esta piedra*.....

## 3. Referencias

1. <http://www.uma.es/servicios/internac/cdw/default.htm>
2. <http://www.unesco.org/education/wche/declaration.shtml>
3. <http://www.campus-oei.org/oeivirt/superior.htm>
4. Marcelo, C., "El proyecto docente: Una ocasión para aprender", en "*Didáctica Universitaria*. La Muralla. Madrid (2001)
5. FUNDESCO, "*Teleinformación. Un paso más en el camino de la formación continua*", Fundesco. Madrid (1998)
6. Zabalza, M.A., "Criterios didácticos para elaborar planes de estudio", en "*III Jornadas Nacionales de Didáctica Universitaria*", Las Palmas, Servicio de publicaciones de la Universidad (1993).
7. Hernández, F., "*Bases metodológicas para la investigación educativa. I. Fundamentos*", Diego Marín. Murcia (2001)
8. Rodríguez, G., "*Metodología de la investigación cualitativa*", Aljibe. Granada (1996)
9. Arnal, J., "*Investigación educativa. Fundamentos y Metodología*", Labor. Barcelona (1992)
10. Valcárcel, M., "*Principios de Química Analítica*", Springer-Verlag Ibérica, Barcelona, (1999)
11. Valcárcel, M. y Cárdenas, M.S., "*Automatización y miniaturización en Química Analítica*", Springer-Verlag Ibérica, Barcelona (2000)
12. Morin, E., "*Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*", UNESCO. París. 1999
13. Marchesi, A. y Martín, E., "*Calidad de la enseñanza en tiempos de cambio*", Alianza. Madrid (1998)

14. Hernández, P., "*Diseñar y enseñar. Teoría y técnicas del proyecto docente*", Narcea. Madrid (1989)
15. Blázquez, F., "*Didáctica General*", Anaya. Madrid (1986).
16. Rodríguez, M. "*La función de la cultura y la Universidad ante el nuevo milenio*", EccoS. Rev. Cient., UNINOVE, Sao Paulo (1,3) (2001) 123-138.

#### 4. TENDENCIAS EN ELECTROQUÍMICA ANALÍTICA

**Jose Manuel Pingarrón**

*Departamento de Química Analítica, UCM, Madrid*

La Electroquímica Analítica (o Electroanálisis) ha sufrido, al igual que la mayoría de las ramas de la Química Analítica, una profunda transformación en los últimos años que ha conducido a su utilización en la resolución de una amplia variedad de problemas analíticos que van desde la monitorización medioambiental hasta el control de calidad industrial y alimentario y el análisis biomédico.

Así, además de haber asistido a la consolidación y a la amplia disponibilidad en equipos comerciales (cada vez más baratos y versátiles) de las modernas técnicas electroanalíticas, en las dos últimas décadas se han producido avances significativos en campos como el desarrollo de microelectrodos y ultramicroelectrodos, el diseño de interfases modificadas con criterios de utilidad analítica y de monocapas moleculares, el acoplamiento de elementos de reconocimiento biológico con transductores electroquímicos, la síntesis racional de ionóforos y receptores que contienen cavidades de tamaño molecular, la aparición de la microscopía electroquímica de barrido de alta resolución y la microfabricación de dispositivos moleculares o de detectores en flujo de una elevada eficiencia (1).

El aprovechamiento de las ventajas que ofrecen los microelectrodos en electroanálisis con respecto a los electrodos de tamaño convencional ha impulsado numerosas aplicaciones, como por ejemplo el diseño de sensores para medir la concentración de moléculas en sistemas biológicos de difícil accesibilidad o para realizar medidas in vivo (2).

La posibilidad de llevar a cabo medidas electroanalíticas en medios escasamente conductores, utilizados para extraer analitos de una gran variedad de muestras (3), o el empleo de detectores electroquímicos en continuo (4), son otras áreas

del electroanálisis que cuentan hoy en día con un elevado número de aplicaciones.

El diseño de electrodos modificados químicamente constituye la base de una amplia gama de sensores químicos que hacen uso de procesos como electrocatálisis, acumulación preferencial o permeabilidad selectiva para conseguir importantes mejoras de selectividad, sensibilidad o estabilidad.

Metodologías como la formación de monocapas autoensambladas (5), la encapsulación sol-gel (6), el empleo de recubrimientos permselectivos (1) o de polímeros conductores (1) son utilizadas en la actualidad junto con procedimientos de modificación más clásicos como la incorporación del modificador en el seno de materiales compósitos de carbon, las uniones químicas de naturaleza covalente, la adsorción física o la quimisorción espontánea.

Por otra parte decir que si bien hoy en día los sensores electroquímicos amperométricos parecen haber tomado la delantera a otros dispositivos, no se debe olvidar la importancia que poseen los electrodos selectivos de iones potenciométricos basados en receptores iónicos (7).

La utilización de dispositivos electroquímicos como transductores para el desarrollo de biosensores es, probablemente, la más extendida de todas debido a una serie de importantes ventajas prácticas, como son:

- a) que las medidas electroquímicas puedan llevarse a cabo en volúmenes pequeños de muestra con relativa facilidad, lo que hace que los dispositivos resultantes sean especialmente adecuados para la monitorización "in vivo";
- b) que la señal obtenida sea eléctrica, siendo factible por tanto la transducción directa de la velocidad de la reacción implicada en la señal de lectura;
- c) que los límites de detección que se obtienen son suficientes y adecuados para la detección de muchos analitos de interés, y
- d) que la relativa simplicidad y bajo coste de la instrumentación necesaria permite una fácil disponibilidad de estos dispositivos.

Pueden distinguirse dos categorías generales de biosensores electroquímicos dependiendo de la naturaleza del proceso de reconocimiento biológico: sensores biocatalíticos, que utilizan enzimas, células o tejidos como biocomponentes inmovilizados, y biosensores de afinidad, basados

en anticuerpos, receptores de membrana o ácidos nucleicos.

El uso de metodologías electroanalíticas ha supuesto un gran avance en el conocimiento del funcionamiento de las enzimas redox, habiéndose avanzado de forma notable en el control de los requisitos eléctricos y químicos para una comunicación adecuada entre los centros redox de las enzimas y los transductores electródicos. Especialmente interesante es el papel de las capas que mimetizan las membranas celulares con objeto de obtener una comprensión fundamental de cuante información eléctrica se transfiere en biología (8).

Con respecto a los inmunosensores electroquímicos, la combinación de la excelente sensibilidad de algunas técnicas voltamperométricas con la excepcional selectividad de las uniones antígeno-anticuerpo ofrece grandes posibilidades para el desarrollo de metodologías analíticas de una gran utilidad en diversos campos (9).

La detección de secuencias específicas de ADN es un campo de trabajo de enorme interés debido a su aplicación para el diagnóstico de enfermedades infecciosas y genéticas, para el control de la seguridad de los alimentos, para investigaciones criminales y para ensayos de campo de patógenos microbianos y virales.

Los ensayos de ADN a gran escala requieren del desarrollo de dispositivos analíticos rápidos, fáciles de utilizar, baratos y de pequeño tamaño. Dado que los métodos tradicionales para estudiar la hibridación del ADN son demasiado lentos y requieren mucho trabajo, los biosensores ofrecen una alternativa prometedora para llevar a cabo ensayos de hibridación más baratos, más rápidos y más sencillos (10).

Finalmente decir que en un futuro próximo cabe prever que se desarrollen sensores electroquímicos basados en la configuración de series de microelectrodos o nanoelectrodos que sirvan de herramienta en el análisis de materiales biológicos (11). Hay que tener en cuenta que la electroquímica no sufre las limitaciones de tamaño típicas de otras técnicas, por lo que la miniaturización está conduciendo a la integración de sensores en áreas cada vez más pequeñas (12).

De hecho, hace ya algunos años que comenzaron a aplicarse las tecnologías de la microfabricación, basadas en el empleo de materiales cerámicos y de silicio, entre otros, a la preparación de sensores electroquímicos miniaturizados (13).

Así, se han creado los esquemas electroquímicos denominados "lab-on-a-chip", entre los que pueden mencionarse los utilizados para electroforesis capilar (14).

En definitiva, cabe decir, que si bien la Electroquímica Analítica no ha perdido su vigencia en las áreas en las que se ha aplicado tradicionalmente, se observa hoy en día una clara tendencia hacia su utilización en bioanálisis.

1. J. Wang, *Analytical Electrochemistry*, 2ª ed., Wiley-VCH, New York, 2000.
2. P.S. Cahill, Q.D. Walker, J.M. Finnegan, G.E. Mickelson, E.R. Travis and R.M.
3. Wightman, *Anal. Chem.*, 68 (1996) 3180.
4. M. L. Agüí, A.J. Reviejo, P. Yáñez-Sedeño and J.M. Pingarrón, *Anal. Chem.*, 67 (1995) 2195.
5. A.J. Bard and C.G. Zoski, *Anal. Chem.*, 73 (2000) 346A.
6. H.O. Finklea, *Self-assembled monolayers on electrodes*, en R.A. Meyers (Ed.), *Encyclopedia of Analytical Chemistry*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 2000.
7. M. Petit-Dominquez, H. Sen, W.R. Heineman and C.J. Seliskar, *Anal. Chem.*, 69 (1997) 703.
8. E. Bakker, P. Buhlmann and E. Pretsch, *Electroanalysis*, 11 (1999) 915.
9. A. Brajter-Toth and J.Q. Chambers (Eds.), *Electroanalytical Methods for Biological Materials*, Marcel Dekker, New York, 2002.
10. C.A. Wijayawardhana, H.B. Halsall and W.R. Heineman, en G.S. Wilson (Ed.), *Encyclopedia of Electrochemistry*, Vol. 9: *Bioelectrochemistry*, Wiley-VCH, 2002.
11. J. Wang, *Electrochemical DNA Biosensors*, en A. Brajter-Toth and J.Q. Chambers (Eds.), *Electroanalytical Methods for Biological Materials*, Marcel Dekker, New York, 2002.
12. R. Feeney and S. Kounaves, *Electroanalysis*, 12 (2000) 677.
13. J. Wang, R. Polsky, B. Tian and M.P. Chatrathi, *Anal. Chem.*, 72 (2000) 5285.
14. H. Suzuki, *Electroanalysis*, 12 (2000) 703.
15. J. Wang, M.P. Chatrathi, B. Tian and R. Polsky, *Anal. Chem.*, 72 (2000) 2514.