

Educación en la Química

Revista de la Asociación de Docentes en la Enseñanza de la Química de la República Argentina

Educación en la Química

(ISSN 0327-3504) es una publicación cuatrimestral de ADEQRA que se distribuye gratuitamente a los miembros de esta Asociación. En ella se dan a conocer experiencias de aula, resultados de investigaciones, avances tecnológicos, noticias científicas, etc. Los editores agradecen cartas, ideas, sugerencias y artículos que puedan resultar de utilidad a otros colegas.

Editores

**Luz Lastres Flores
Mónica Steinman**

El contenido de los artículos firmados es responsabilidad de sus autores.

Se recomienda cautela al realizar los experimentos y demostraciones que se proponen.

Se autoriza la reproducción de los materiales, citando la fuente. (Título clave abreviado: *Ed. en la Quim.*)



ADEQRA, Asociación de Docentes en la Enseñanza de la Química de la República Argentina, Personería Jurídica N° 8933, es una asociación sin fines de lucro que reúne a docentes de los diferentes niveles educativos de nuestro país, interesados en la formación y capacitación continua.

Entre los fines y objetivos de la Asociación que figuran en su Estatuto, pueden citarse:

- Procurar que la enseñanza de la Química sea cada vez más significativa y eficiente en todo el país y en los distintos niveles educativos.
- Promover el estudio y la investigación en la enseñanza de la Química en todos los niveles.
- Fomentar el intercambio y la comunicación entre personas y las instituciones dedicadas a la enseñanza de la Química.
- Contribuir al perfeccionamiento profesional de sus asociados mediante la divulgación de información científica, metodológica y de temas de interés común.
- Suscitar la inquietud de los docentes de Química por temas que contribuyan a ubicarlos frente a los problemas fundamentales de carácter científico y técnico que enfrenta el país.

Comisión Directiva.

Presidente: María Gabriela Muñoz

Vicepresidente: Gabriela Mohina

Secretaria: Liliana E. Knabe

Prosecretaria: Patricia S. Moreno

Tesorera: Rosa M. Haub

Protesorera: Luz E. Lastres Flores

1° Vocal titular: Celia E. Machado

2° Vocal titular: Osvaldo J. Rodríguez

1° Vocal suplente: Karina Di Francisco

2° Vocal suplente: Andrea Laura López

Comisión revisora de cuentas: Alberto Santiago, Mónica Steinman, Graciela Assenza Parisi,
Mabel N. López Marcel, Raúl E. Fernández

ISFD N° 24 B. Houssay
Avellaneda 177
(1876) Bernal
Pcia Buenos Aires

Para profundizar

POLÍMEROS SINTÉTICOS: APLICACIONES EN MEDICINA

Isabel N. Vega y Norma B. D'Accorso

CIHIDECAR (CONICET), Departamento de Química Orgánica, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires – Argentina.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo intenta mostrar que los polímeros sintéticos tienen un gran presente y futuro en la fabricación de nuevos materiales, especialmente en el área de medicina.

Dentro de sus muchas aplicaciones, nos referiremos a dos muy importantes desarrolladas en los últimos años:

a) Hilos de sutura

b) Sistemas de liberación controlada de medicamentos

HILOS DE SUTURA

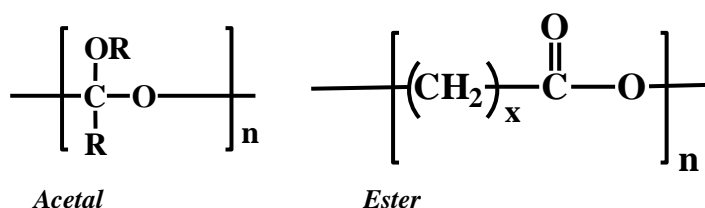
Para abordar el tema de **hilos de sutura**, debemos tener en cuenta qué requisitos deben cumplir:

- ❖ *Filamentos estériles.*
- ❖ *Alta tensión al estiramiento para proveer soporte al tejido.*
- ❖ *Biocompatibles.*
- ❖ *Absorbibles.*
- ❖ *No ser abrasivos.*
- ❖ *Fáciles de almacenar.*
- ❖ *Manufacturables*
- ❖ *Bajo costo*

Los primeros hilos de sutura fueron obtenidos de fuentes naturales; dentro de los más comúnmente utilizados se encontraban alambres metálicos y fibras naturales como algodón, lino o seda. Sin embargo, estos últimos materiales al ser provenientes de la biomasa renovable, presentaban variabilidad en sus propiedades, lo que conducía entonces a inconvenientes, como por ejemplo:

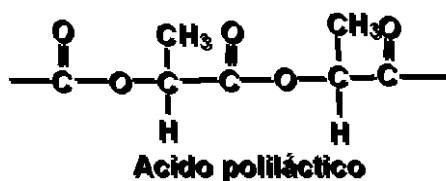
- ❖ *Dificultad en la uniformidad del diámetro*
- ❖ *Variación en la fuerza de tensión*
- ❖ *Reacciones sobre tejido durante la degradación*
- ❖ *Irritación mecánica*

Para poder solucionar los problemas de falta de uniformidad, se pensó en utilizar polímeros sintéticos y en lo posible biodegradables. Esto daría por un lado la posibilidad de utilizar fibras uniformes capaces de fijar los tejidos, y por otra parte al ser degradables, se evitaría el paso de retirar el material del organismo una vez cumplida su misión. Para que un polímero pueda ser biodegradable, deberá contener grupos funcionales que sean muy similares a los compuestos que constituyen nuestro organismo, como son las grasas y carbohidratos. Así, los grupos funcionales más usados como materiales absorbibles son aquellos que tienen uniones acetálicas y ésteres a través de su esqueleto, debido a que los hidratos de carbono contienen las de tipo acetálicas mientras que las de tipo éster se encuentran presentes en las grasas (éstas son ésteres de ácidos grasos y glicerol).



Los hilos de sutura sintéticos absorbibles surgieron en 1966 cuando Kulkarni et alia encontraron que el ácido-L-poliláctico resultaba un material sintético absorbible, no tóxico y no irritable, adecuado para suturas y otros implantes quirúrgicos.

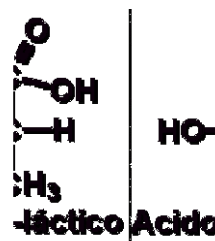
El ácido poliláctico es un polímero altamente cristalino, tiene un Tg de 67⁰C con lo cual es un material sólido a la temperatura corporal.



Recordemos **¿qué es el Tg?**

Tg es la temperatura de transición vítrea, que es la temperatura a la cual los polímeros amorfos, que son rígidos y quebradizos, se vuelven blandos y flexibles. A temperaturas por debajo del Tg, no hay movimiento de las cadenas, siendo cualquier cambio dimensional de la misma, el resultado de distorsiones temporales de los enlaces de valencia primarios. Los plásticos amorfos dan mejor resultado por debajo de su Tg, pero los elastómeros (caucho) deben utilizarse por encima de su punto de fragilidad o Tg.

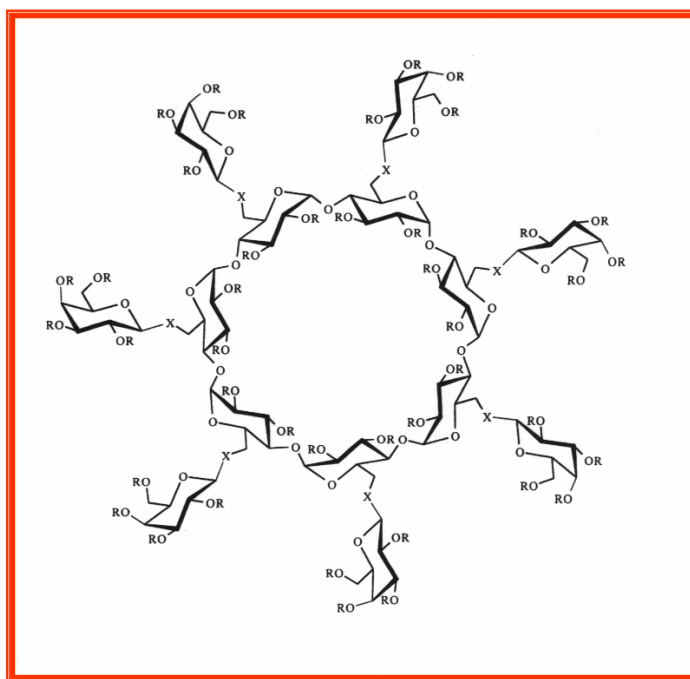
Ahora volvamos al análisis de la biodegradabilidad del ácido poliláctico: este material es un polímero cuya hidrólisis origina ácido L-láctico. Este ácido es un metabolito natural del ciclo metabólico de la glucosa, por lo cual no resulta tóxico para el organismo.



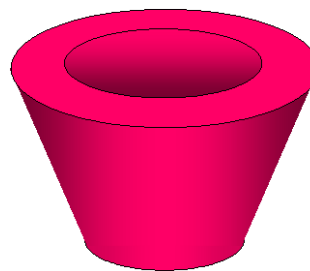
SISTEMAS DE LIBERACIÓN CONTROLADA DE MEDICAMENTOS

Su desarrollo ha sido objeto de muchas investigaciones en las últimas cuatro décadas. Su posible aplicación en la industria farmacéutica despertó mucho interés, especialmente en la manipulación molecular de transportadores y su interacción con los medicamentos encapsulados en ellos. Esos nuevos transportadores de medicamentos tienen ventajas en la modulación de propiedades físico-químicas (como solubilidad acuosa o en membranas), así como mejoras en la farmacodinámica (potenciación del efecto terapéutico), farmacocinética (control de absorción y distribución en tejidos) y efectos toxicológicos (reducción de toxicidad local y sistémica). Entre los principales transportadores, se destacan los liposomas y ciclodextrinas, que tienen innumerables ventajas en el desarrollo de formulaciones para la liberación controlada de anestésicos locales (Ribeiro de Araújo et al., 2003).

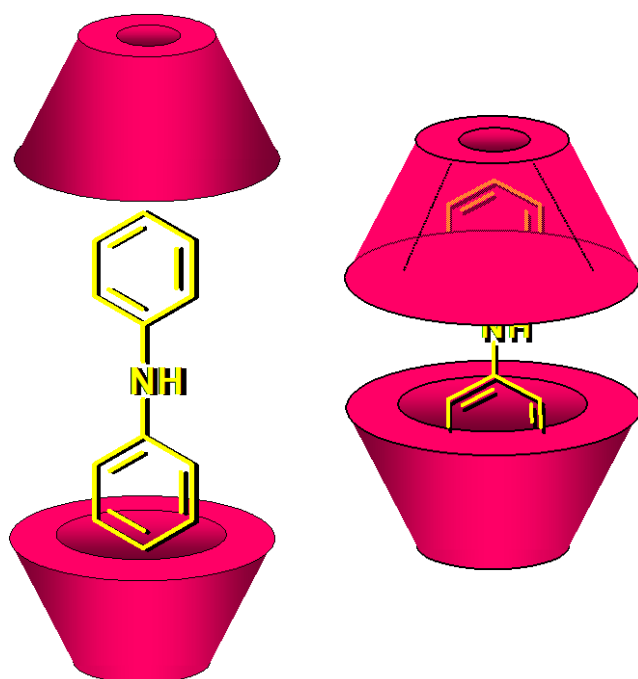
Las ciclodextrinas (Vargas Berenguel et al., 2002) son polímeros cíclicos, aunque sería más correcto referirse a ellos como oligosacáridos cíclicos, pues están constituidos por varias unidades de monosacáridos (alrededor de siete) enlazadas entre sí por uniones acetálicas.



Estas moléculas tienen forma de cono invertido, por lo tanto, podrían secuestrar en su interior algún compuesto. La probabilidad de que esto suceda, dependerá principalmente del tamaño de las dos entidades involucradas (transportador y sustancia a transportar).



Si se produce efectivamente la inclusión, estos transportadores llevarán en su interior un medicamento hacia algún lugar determinado en el organismo; luego, dado que están formados por uniones acetálicas que el organismo puede romper, comenzarán a degradarse y por lo tanto a liberar, en forma paulatina, el medicamento que transportaron.



En la figura se representa la posible inclusión de una molécula de difenilamina.

Otro sistema interesante en el campo de investigación de liberación controlada de medicamentos son las **redes interpenetradas (IPNs)**.

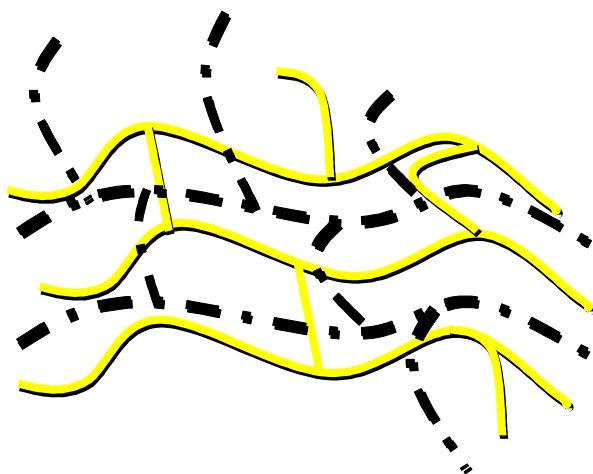
Qué son las IPNs? Para tratar de responder esta pregunta, primero vamos a contar una pequeña anécdota histórica.

Los primeros discos de fonógrafos, desarrollados en un principio para los trabajos hechos por Thomas Edison, estaban fabricados con resinas de fenol-formaldehído, un material que si bien era muy duro, resultaba muy quebradizo.

La solución encontrada (ver la página web citada en bibliografía) para darle mayor resistencia al material fue agregar poliisopreno lineal (caucho) a la resina formada y luego calentar el sistema, en presencia de azufre, entrecruzando de este modo las cadenas lineales de caucho, que se encontraban así entrelazadas a la resina, generando la segunda red. El nuevo material no solo era duro sino que, gracias al aporte de elasticidad del caucho, era entonces mucho más resistente. Esta fue la primer red interpenetrada conocida.

Los investigadores de la época pensaban que lo que se generaba eran uniones covalentes entre las dos redes (red de resina de fenol formaldehído y red de caucho entrecruzado), sin embargo luego de algunos años se demostró que estos dos polímeros no estaban unidos covalentemente, sino que se encontraban enlazadas las dos redes, sin que existiera unión real entre ellos.

Luego de este ejemplo, podemos dar una definición más formal de una red interpenetrada. Se trata entonces de dos o más redes poliméricas independientes, de distinta naturaleza, que se encuentran ocupando el mismo espacio físico, por entrelazamiento de sus cadenas, pero no existen uniones químicas reales entre las distintas redes.



Las líneas enteras corresponden a un polímero entrecruzado (uniones entre las cadenas lineales) que forma la primera red, mientras que el que está en línea punteada corresponde a otro polímero entrecruzado que constituye la segunda red.

Un ejemplo más actual de estas redes interpenetradas, son las resinas de intercambio iónico. Estas resinas están constituidas por redes entrelazadas de copolímeros de estireno-divinilbenceno y terpolímeros de estireno-divinilbenceno-stirenos sulfonados. Los monómeros sulfonados que forman el terpolímero son los encargados de hacer el intercambio de los iones.

Algunas redes interpenetradas son capaces de formar hidrogeles, las cuales absorben grandes cantidades de agua, incrementando en gran medida su volumen. Basados en esta propiedad de hinchamiento que tienen estos geles, y el hecho de que en la mayoría de los casos son biodegradables, actualmente se las están estudiando como potenciales sistemas de liberación controlada de medicamentos.

Las redes interpenetradas de gelatina-ácido poliacrílico (Burugapalli et al., 2001) son motivo de estudio en la actualidad, ya que se las quiere aplicar en la fabricación de implantes óseos para el tratamiento de osteomielitis (infección ósea crónica localizada de difícil tratamiento y curación).

Inicialmente se utilizaron distintos implantes impregnados con antibiótico, tales como:

- ❖ *Composite acrílicos*
- ❖ *Esponjas de colágeno*
- ❖ *Hidroxiapatita*

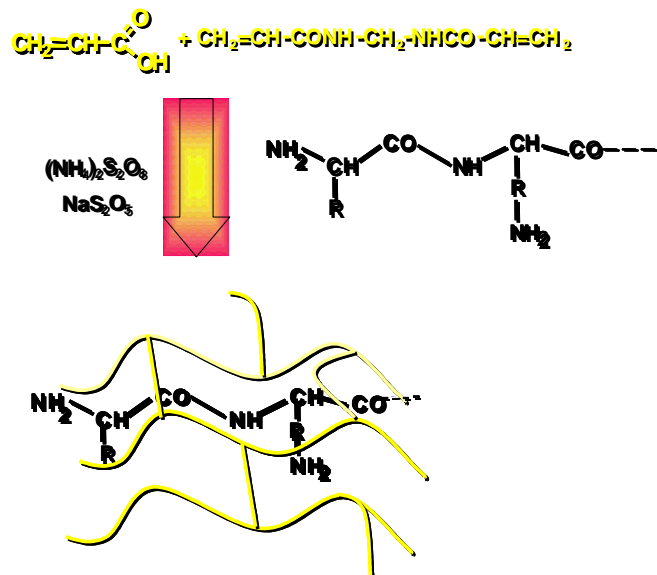
Los implantes de composite acrílicos impregnados en antibiótico no resultaban biodegradables y por ende la liberación del antibiótico resultaba muy lenta, además no eran biocompatibles generando el organismo reacciones de rechazo al implante. Por otra parte, se estudiaron las esponjas de colágeno. Este material se degradó con demasiada rapidez en el organismo, liberando cantidades excesivas de antibiótico en el sitio de la infección en períodos cortos de tiempo, provocando toxicidad sistémica y viéndose afectados algunos órganos. Se intentó también el uso de hidroxiapatita (compuesto inorgánico), como material de implante dada su similitud a la composición ósea. El uso de este material como sistema de liberación de medicamentos se vio limitado debido a la gran fragilidad que presentó.

Para la obtención de implantes cargados con antibióticos en sistemas de liberación controlada de medicamentos es necesario que tengan las siguientes características:

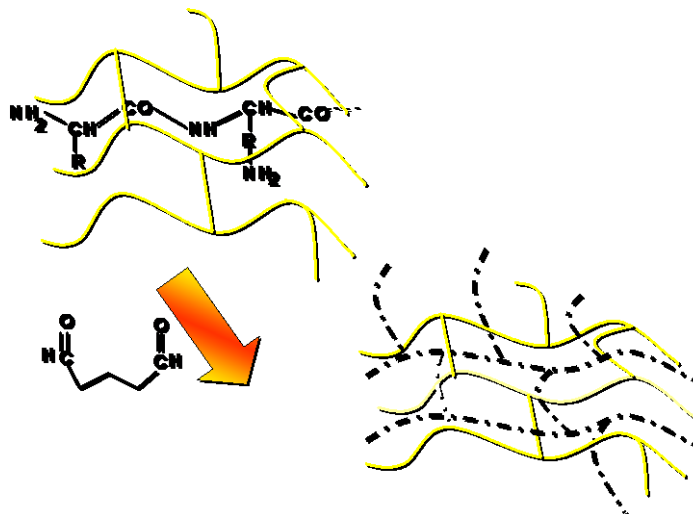
- ❖ *Biocompatibles.*
- ❖ *Biodegradables.*
- ❖ *Costo accesible.*
- ❖ *Mantengan niveles elevados del antibiótico en el sitio de la infección por tiempos prolongados.*
- ❖ *Niveles de droga en sangre muy bajos evitando la posibilidad de toxicidad sistémica.*
- ❖ *Las pruebas de funcionamiento del hígado y riñones no deben mostrar ningún funcionamiento anormal.*

A principios del año 2005 Changez, Koul y Dinda publicaron en la revista *Biomaterials* un artículo donde se referían a la utilización de las redes interpenetradas de gelatina entrecruzada con glutaraldehído y ácido poliacrílico entrecruzado con N, N'-metilenbisesacrilamida, como sistemas de liberación controlada de antibióticos para el tratamiento de osteomielitis.

La síntesis de la IPN era secuencial, en dos pasos. En un primer paso, se realizó la copolimerización del ácido acrílico con bisacrilamida en presencia de cadenas lineales de gelatina. La polimerización de los monómeros acrílicos se realizó por radicales libres en solución.

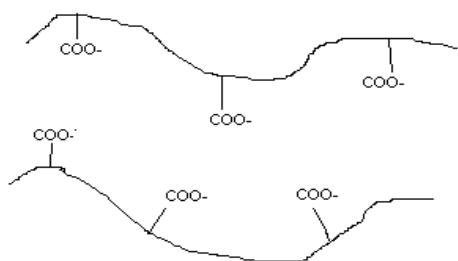


En un segundo paso, se procedió al entrecruzamiento de la gelatina con glutaraldehído, generando la segunda red del sistema. Obviamente, ambas redes, al ser interpenetradas, se encontraban ocupando el mismo espacio físico.

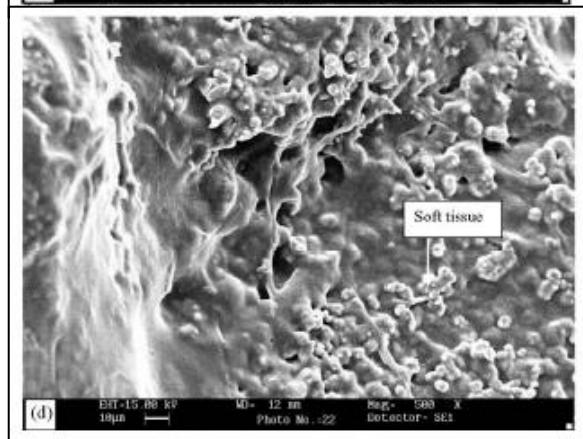
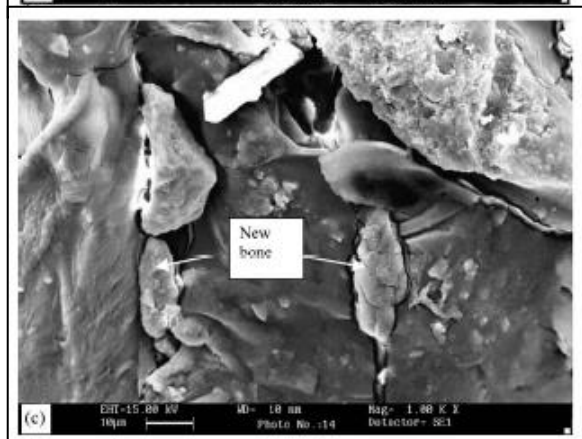
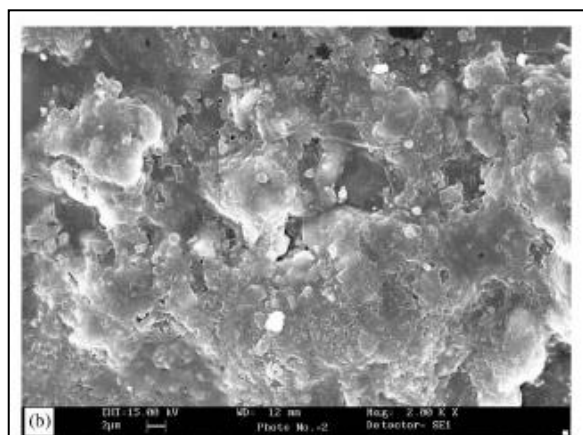
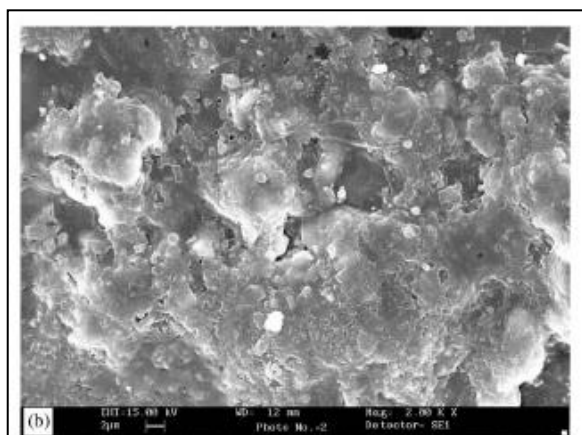


Además de ser biodegradables y biocompatibles, estas IPNs poseen gran capacidad de absorción de agua, especialmente a pH básicos, donde las cadenas poliméricas se encuentran más separadas a fin de minimizar las repulsiones generadas por la presencia de grupos carboxilatos provenientes de la red de ácido poliacrílico. Así, el volumen de la red se ve aumentado, albergando una mayor cantidad de solvente. El tipo de interacciones que se establecen entre la red y el agua son de tipo enlace de hidrógeno. Por todas estas razones, es

que estos materiales son apropiados para utilizarlos como sistemas de liberación controlada de medicamentos en forma de implantes óseos.



Para cargar el material con el antibiótico, la primera operación fue sumergir la red en una solución acuosa del medicamento; luego de remover el agua y quedar absorbido el antibiótico en la red, se procedió al implante en la zona ósea afectada. En la figura a) se presenta la microscopía electrónica de la red cargada con el antibiótico previo al implante óseo.



La figura b) corresponde al implante después de una semana de haber sido colocado. Si se compara con la figura a) se puede observar que ya existió cierto cambio en la morfología. En la figura c) se observa la formación del nuevo tejido óseo y aumento de la porosidad del implante. Finalmente en la figura d), se observa el crecimiento de tejido blando y la presencia de huecos producto de la fuerte degradación del implante.

Como se puede concluir de lo expuesto, tanto las redes IPNs como las ciclodextrinas aplicadas en el desarrollo de Sistemas de Liberación Controlada de Medicamentos, ejemplifican que los polímeros sintéticos tienen un gran presente y futuro en la fabricación de nuevos materiales, especialmente en el área de medicina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Burugapalli K, Bhatia D, Koul V, Choudhary V. (2001). Interpenetrating Polymer Networks Based on Poly(acrylic acid) and Gelatin. I: Swelling Behavior. *J. Appl. Polym. Sci.*, **82**:217-227.

Changez M, Koul V, Dinda A K. (2005). Efficacy of antibiotics-loaded interpenetrating network (IPNs) hydrogel based on poly(acrylic acid) and gelatin for treatment of experimental osteomyelitis: in vivo study. *Biomaterials*, **26**, 2095-2104.

Kulkarni R. J., Pani K. C., Neuman C., Leonard F., (1966). Polylactic Acid for Surgical Implants, *Arch. Surg.*, **93**, 839-843, .

Ribeiro de Araújo D.; de Matos Alves Pinto L.; de Fátima de Assunção Braga A. (2003) Drug-Delivery Systems for Local Anesthetics:Therapeutic Applications. *Rev. Bras. Anesthesiol.*, **53**: 5, 663 – 671.

Vargas Berenguel A., Ortega Caballero F., Santoyo-Gonzalez F., Garcia Lopez J. J., Jiménez Martínez J. J., García Fuentes L., Ortiz Salmerón E. O., (2002) Dendritic Galactosides Based on a α -Cyclodextrin Core for the Construction of Site-Specific Molecular Delivery Systems: Synthesis and Molecular Recognition Studies, *Chem Eur. J.*, **8**, 812-826.

<http://www.pslc.ws/macrog/mpm/ipn/>

De Interés

Lo que sigue es un extracto del artículo publicado en La Nación el 17 de mayo de 2002. En ese momento, el autor mencionaba los primeros pasos de una nueva revolución industrial, ubicando todavía parte de esos conocimientos en los límites de la ciencia ficción. Dos años más tarde, en agosto de 2004, investigadores argentinos publicaron en *Industria y Química* un artículo relacionado con los nanomateriales, su producción y usos. Una parte de ese artículo se reproduce con autorización de los autores y permite determinar que las previsiones acerca de la nanotecnología se alejan de la ciencia ficción y cada vez más afirman esa nueva revolución industrial que se anunciaba.

ENTRE LA CIENCIA Y LA CIENCIA FICCIÓN

Eitel H. Lauría

Miembro de la Academia de Ingeniería

Se define la nanotecnología como el estudio y la fabricación de estructuras y dispositivos con dimensiones del orden del nanometro, es decir una dimensión lineal igual a la millonésima parte del milímetro. Es la dimensión en la cual se mide el tamaño de las moléculas. (Una imagen más gráfica del nanometro se tiene si se considera que la dimensión de un glóbulo rojo de la sangre es de alrededor de 5000 nanometros).

¿Es posible construir estructuras y dispositivos con tamaños del orden del nanometro? Los primeros pasos dados en el nanomundo, ultradiminuto en tamaño y sorprendente en posibilidades, se pronuncian por la afirmativa. Un ejemplo de estructuras ya producidas en laboratorio son los nanotubos de carbono, constituidos en esencia por una hoja de grafito en forma de largos tubos y de un solo átomo de espesor. Tienen propiedades inusuales, son muchísimo más fuertes y más livianos que el acero y sus características eléctricas han permitido construir transistores experimentales más pequeños y más rápidos que los fabricados por la alta tecnología actual.

Un intrigante aspecto de la nanotecnología es el referente a los procesos e instrumentos empleados en la investigación y la fabricación en ese universo inimaginablemente pequeño. En cuanto a los procesos, son varias las técnicas en estudio y en algunos casos ya probadas. Entre estas últimas sorprende y asombra el proceso de automontaje. Es, por otra parte, el método empleado por la propia naturaleza cuando ciertas moléculas operan como máquinas programadas para establecer, suprimir o modificar vínculos entre otras moléculas. El automontaje, sólo válido en el nanomundo, encierra un principio de construcción absolutamente novedoso y revolucionario en materia de tecnología de fabricación.

Fantasía y realidad

En cuanto a los instrumentos utilizados en nanotecnología, basta citar el microscopio de efecto túnel, inventado por Gerd Binnig y Heinrich Rohrer en 1981, motivo por el cual recibieron el Premio Nobel de Física.

En 1986, el científico norteamericano K. Eric Drexler publicó el libro *Engines of Creation* (“Máquinas de creación”), donde se describen en forma impresionante nanomáquinas capaces de combatir las enfermedades y alargar la vida o de impedir el temido calentamiento global del planeta. Además, Drexler expuso ideas sobre nanorobots autoreplicantes de empleo industrial, que generaron temores sobre el peligro que significaría para la sociedad la emergencia y autopropagación de multitudinarios ejércitos mecánicos invisibles. En lo fundamental, el mérito de Drexler fue el haber despertado el interés por un campo científico y tecnológico novedoso y muy prometedor. En cuanto a sus descripciones específicas, se ubican en una zona intermedia entre la ciencia y la ciencia ficción.

Algunos científicos, entre ellos el Premio Nobel de Química Richard E. Smalley, han alertado sobre las dificultades de la fabricación de máquinas tan increíblemente pequeñas. Algunas dudas surgen al considerar que buena parte de las nanomáquinas previstas y en algunos casos experimentadas – motores, bombas y mecanismos varios – con dimensiones de varios cientos o miles de nanómetros, se ubican en realidad en la escala mil veces mayor de los micrometros, es decir, los milésimos de milímetro. Se trata de un mundo micrométrico intermedio entre el reino nanométrico de los átomos y moléculas, regido por las peculiares leyes de la física cuántica y el macromundo, donde las propiedades de los materiales resultan del comportamiento colectivo de muchos billones de átomos. Se requiere en consecuencia un conocimiento más profundo y preciso de los fenómenos que ocurren en esa zona de frontera.

No obstante, los avances ya realizados permiten estimar que se han dado los primeros pasos de una nueva revolución industrial, cuyas consecuencias serán enormes para la economía y la instrumentación tecnológica de la sociedad.

¿A QUÉ LLAMAMOS NANOMATERIALES?

D. G. Lamas y N. E. Walsøe de Reca

CINSO (Centro de Investigación en Sólidos), CITEFA-CONICET
Juan Bautista de La Salle 4397, Villa Martelli, Buenos Aires
walsoe@citefa.gov.ar, dlamas@citefa.gov.ar

INTRODUCCIÓN

Actualmente se emplean a menudo en la Ciencia de los Materiales términos tales como compuestos nanocristalinos, nanomateriales, nanotecnología, nanoestructuras, nanociencia, nanotubos, nanopartículas, nanovarillas...y sería infinita la cantidad de palabras con el prefijo nano, asociado con el nanometro (10^{-9} m). Si bien la nanotecnología se refiere a la fabricación de dispositivos miniaturizados (capaces, por ejemplo, de circular por el cuerpo humano para reparar tejidos dañados) (Liz-Marzan, 2004), los materiales nanoestructurados pueden ser definidos como aquellos cuyas partículas discretas tienen un diámetro por debajo de los 100 nm (Third European Report on Science & Technology Indicators, 2003). En realidad, no debe ser solamente el tamaño lo que los caracterice sino sus propiedades espectaculares, dependientes del tamaño y de la forma de las partículas que los componen.

Hoy, las referencias a la nanotecnología y a los nanomateriales están en expansión, sin embargo, el término nanotecnología ya se había acuñado en los años sesenta. Se puede demostrar también que los nanomateriales eran ya conocidos 2000 años atrás y mencionaremos para ello, un ejemplo quizás muy trillado, el del vidrio de la copa de Licurgo (Roma, siglo IV A.C.). Esta copa, expuesta en el British Museum cambia de color de acuerdo con la incidencia de la luz sobre la misma (Liz-Marzan, 2004; Berry y Curtis, 2003). Si se la observa con luz reflejada aparece verde y, cuando se la ilumina desde el interior, la luz transmitida a través del vidrio hace que se la vea roja. El análisis del vidrio permitió revelar que contenía partículas muy pequeñas, de .70 nm de plata y oro, en una proporción molar de 14:1, y es justamente el tamaño de esas partículas, lo que confiere al vidrio los colores diferentes. Además de este ejemplo de nanocompuesto obtenido casualmente, podemos citar otros con bases intencionales: la fabricación de partículas de negro de humo y la obtención de dióxido de silicio “fumé”, en los años cuarenta. Esta época marca quizás la iniciación real de la era nanotecnológica.

ALGUNOS MÉTODOS DE SÍNTESIS

La síntesis de los nanomateriales se efectúa mediante numerosas rutas, de las cuales mencionaremos sólo algunas, agrupándolas por el tipo de proceso que las genera.

Las técnicas de abrasión y de molido en molino (**procesos mecánicos**) son las más antiguas y se basan en la molienda de polvos gruesos hasta obtener partículas muy finas, en molinos de bolas de tipo planetario o rotatorio. Estos métodos permiten moler partículas metálicas o materiales inorgánicos pero es obvio que no resultan empleables para materiales orgánicos.

Los procesos de **química húmeda** incluyen la química coloidal, los métodos hidrotérmicos, los de sol-gel y otros procesos de precipitación. Consisten en mezclar soluciones de los distintos iones en proporciones adecuadas y controlando parámetros tales como solubilidad y temperatura, para precipitar compuestos insolubles. Estos son filtrados y secados hasta producir un polvo (el cual, si no resulta suficientemente fino, se puede moler en molino). Particularmente, la técnica de sol-gel es muy investigada porque permite obtener polvos muy finos con un grado de aglomeración muy bajo aunque, en general, debe partirse de materias primas costosas y su implementación es difícil en comparación con otros métodos por vía húmeda. Se basa en la hidrólisis de una solución alcohólica de un alcóxido del metal cuyo óxido se quiere obtener, resultando un gel por concentración de la solución hidrolizada. Finalmente se seca el gel obtenido y se lo calcina.

La síntesis a partir de una **fase gaseosa** incluye diversas técnicas. En el CINSO se desarrolló la técnica de gelificación-combustión (la que se puede clasificar dentro de este tipo de procesos) para obtener óxidos metálicos cerámicos nanocristalinos (Lamas, Lascalea y Walsøe de Reca, 1998; Juárez, Lamas, Lascalea y Walsøe de Reca, 2000) y semiconductores nanocristalinos (Fraigi, Lamas y Walsøe de Reca, 1999, 2001). Este método se basa en la gelificación y posterior combustión de una solución de nitratos de los metales de interés y un combustible orgánico (glicina, urea, lisina, ácido cítrico, etc.) (Lamas, 1999; Lascalea, 2004). El proceso de combustión se debe a la reacción redox exotérmica entre los iones (oxidantes) y el combustible (reductor). La liberación violenta de gases desintegra el gel precursor, obteniéndose nanopartículas cuyo tamaño depende, principalmente, de la velocidad de la reacción.

Nos hemos referido sólo a algunos métodos de obtención de polvos nanocristalinos, pero existen numerosos métodos, considerablemente diferentes, para la obtención de nanomateriales con formas determinadas: nanoesferas, nanovarillas, nanocintos, nanotubos, etc., según sean sus aplicaciones específicas.

APLICACIONES

Las aplicaciones de los nanomateriales son muy numerosas y su uso está en constante expansión. Nos referiremos aquí sólo a algunas de ellas.

En los sensores de gases (por ejemplo CO y gases volátiles orgánicos) en los que se emplean semiconductores de óxido metálico dopados, se aprecia un aumento notable de la sensibilidad cuando estos materiales son nanocristalinos. Se acepta un mecanismo de adsorción para este aumento de sensibilidad (Cabezas, Lamas, Baby y Walsöe de Reca, 2004; Bianchetti y Walsöe de Reca, 2004; Göpel y Schierbaum, 1995).

En el área de energía se emplean níquel e hidruros metálicos para baterías, ceria en "diesel" para catalizadores ambientales, TiO₂ nanocristalino para celdas solares sensibilizadas a los colores, obtención de materiales nuevos o mejorados para celdas de combustible sólidas, electrolitos y materiales de electrodos (Lamas y Walsöe de Reca, 2004; Bellino, 2005), Cu nanocristalino para fluidos de control de temperatura, etc.

Existen aplicaciones médicas muy interesantes ya que las drogas nanocristalinas son de absorción más fácil (ya se han comenzado a emplear drogas de este tipo para el tratamiento de algunas formas de cáncer), la insulina y otros medicamentos en nanoesferas pueden ser inhalados en lugar de inyectados, existen promotores del crecimiento de los huesos y revestimientos para implantes (hidroxiapatita) los cuales, al ser nanocristalinos, mejoran sus propiedades de integración y adhesión. (Warheit, 2004; Cheung, 2003).

El cuidado del ambiente también se beneficia con estos materiales: nanofibras de alúmina se usan para el tratamiento de agua, se fabrican vidrios autolimpiantes con revestimientos de TiO₂ nanoestructurado y recubrimientos antireflectantes, se efectúan tratamientos fotocatalizados de agua con TiO₂ nanocristalino, etc. (Masciangoli y Zhang, 2003)

También debe destacarse el uso en objetos de consumo para mejorar la calidad de vida: revestimientos anti-halo y antiempañado de TiO₂ para vidrios y espejos, nanoarcillas para pelotas y raquetas de tenis, fabricación de textiles repelentes al agua y a la decoloración, protección de alimentos en envases revestidos con silicatos, blanqueado de telas, etc. (Holister y Harper, 2002).

En aplicaciones para ingeniería se pueden citar: sílica nanoporosa en base a aerogeles para aisladores de alta eficiencia, liberación controlada de herbicidas y pesticidas, fabricación de tamices moleculares, válvulas de encendido obtenidas con metales y polvos cerámicos nanoestructurados, revestimientos para herramientas de corte y de erosión, obtención de pigmentos finos, lubricantes y aditivos hidráulicos (CuMoS₂), tintas conductoras con metales en polvo, etc. . (Holister y Harper, 2002).

El uso de nanomateriales en electrónica registra aplicaciones tales como nanopartículas magnéticas para almacenadores de datos de alta densidad, circuitos electrónicos (por ejemplo para memorias), dispositivos optoelectrónicos: conectores y revestimientos conductores que emplean cerámicos dopados con tierras raras, materiales de contacto y recubrimientos para fibras ópticas de base Si, tecnologías de "displays" de dispositivos de efecto de campo que usan óxidos conductores. (Kobayashi, 2001).

CONCLUSIONES

Los nanomateriales están llamados a ocupar un lugar preponderante en la Ciencia de los Materiales por sus sorprendentes propiedades fisicoquímicas. Las investigaciones sobre estos materiales han crecido exponencialmente en los últimos seis años y se espera que este crecimiento se mantenga al menos por una década más. Sus aplicaciones, por otra parte, cubren hoy numerosas y diferentes áreas y, a medida que se conozcan más profundamente, de sus propiedades surgirán, sin duda, multitud de usos espectaculares.

El desafío de los investigadores es conocer lo más acabadamente posible su síntesis, caracterización y propiedades, en tanto que el de los tecnólogos es adaptar los métodos de síntesis del laboratorio a escalas industriales abaratando simultáneamente estos procesos y acelerar su empleo en aplicaciones novedosas que beneficien a la sociedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bellino, M.** (2005, en desarrollo) tesis de Doctorado en Ciencia y Tecnología de Materiales, Instituto de Tecnología "Prof. Jorge A. Sabato", Universidad Nacional de General San Martín y Comisión Nacional de Energía Atómica.
- Berry, C. C. y Curtis, A. S.** (2003) *J. Phys. D: Appl. Phys.* **36**, 13, R-198
- Bianchetti, M. y Walsöe de Reca, N. E.** (2004) Actas del Congreso "International Conference Monitoring Systems and Novel Technologies for Detection/Removal of Pollutants in/from Ecosystems"
- Cabezas, M. Lamas, D. G., Baby, R. y Walsöe de Reca, N. E.** (2004) Actas del Congreso "International Conference Monitoring Systems and Novel Technologies for Detection/Removal of Pollutants in/from Ecosystems"
- Cheung, D.** (2003) *New Scientist*, **8**, 16
- Fraigi, L. B., Lamas, D. G. y Walsöe de Reca, N. E.** (1999) *Nanostruct. Mater.* **11**, 311
- Fraigi, L. B., Lamas, D. G. y Walsöe de Reca, N. E.** (2001) *Mater. Lett.* **47**, 262
- Göpel, W. y Schierbaum, K. D.** (1995) *Sensors and Actuators B* **26-27**, 1
- Holister, P. y Harper, T. E.** (2002) *The Nanotechnology Opportunity Report*, CMP Científica, Madrid
- Juárez, R., Lamas, D. G., Lascalea, G. E. y Walsöe de Reca, N. E.** (1998) *J. Eur. Ceram. Soc.* **18**, 1217
- Kobayashi, N.** (2001) *Nanotechnology*, Hitachi Research Institute Report, Toyo Keizai, Shimo-sha, Tokyo
- Lamas, D. G.** (1999) Tesis de Doctorado en Ciencias Físicas, FCEN-UBA
- Lamas, D. G., Lascalea, G. E. y Walsöe de Reca, N. E.** (2000) *J. Eur. Ceram. Soc.* **20**, 133
- Lamas, D. G. y Walsöe de Reca, N. E.** (2004) *Industria y Química* **347**, 6
- Lascalea, G. E.** (2004) Tesis de Doctorado en Ciencia y Tecnología de los Materiales, Instituto de Tecnología "Jorge Sabato", UNSAM-CNEA.
- Liz-Marzan, L. M.** (2004). *Materials today* **7** (2) 26

Masciangoli, T. y Zhang, W. X. (2003) *Environ. Sci. Technol.* **37**, 5, A102
Third European Report on Science & Technology Indicators, EUR 20025.(2003) European
Comision, Bruselas
Warheit, D. B. (2004) *Materials Today* **7** (2) 32

Adaptado del artículo publicado en *Industria y Química*, 348, agosto 2004

Ideas para el aula

UN MODELO DIDÁCTICO PARA LA RESOLUCIÓN DE TRABAJOS PRACTICOS CONCEBIDOS COMO INVESTIGACIONES DIRIGIDAS

Silvia Blanco, Favio Torossi, Gicelda Cian

Cátedra de Química Orgánica Ic. Facultad de Bromatología.
Universidad Nacional de Entre Ríos. Perón 64. Gualeguaychú. (2820). Entre Ríos.
ftorossi@fb.uner.edu.ar

RESUMEN

En el presente artículo, se expone y analiza un modelo didáctico cíclico para la resolución de trabajos prácticos de laboratorio, concebidos como investigaciones dirigidas, a partir de problemas auténticos (grado de apertura V), efectuados por alumnos de la Cátedra de Química Orgánica Ic del segundo año de la Licenciatura en Bromatología. UNER.

La propuesta didáctica se plantea a partir de las dificultades detectadas en alumnos universitarios para la interacción activa entre conceptos, procedimientos y actitudes en los tradicionales Trabajos Prácticos (TP) de laboratorio de Química Orgánica de un segundo año en ciencias bromatológicas. La propuesta concibe al aprendizaje como proceso de investigación dirigida junto a la resolución de problemas, enmarcada en una concepción constructivista. Los TP se desarrollan mediante un modelo cíclico consistente en un conjunto de actividades metodológicas concatenadas, inclusoras de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, formuladas a partir del actual paradigma de producción científica de conocimiento.

INTRODUCCIÓN

Una de las metas principales de la enseñanza de las ciencias debe significar el desarrollo de capacidades relacionadas con la metodología científica (National Science Education Standards, 1996). Desde diferentes ámbitos, se recomienda que la instrucción en ciencias ofrezca a los estudiantes la oportunidad de aprender acerca del conocimiento científico y sus procesos de producción, a la luz de las concepciones actuales sobre la naturaleza y la epistemología de la ciencia.

Los docentes universitarios debemos ser conscientes de esta meta y transformarla en un objetivo explícito dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, porque considerar la dimensión procedimental de la ciencia (muchas veces ignorada y otras tantas, poco o mal utilizada) nos permite “*acercar*” a los alumnos al trabajo científico, es decir, como afirman Gil y Payá (1998) que los estudiantes no solo “*aprendan ciencia*” sino que también “*aprendan como se hace la ciencia*”.

Consideramos que el aprendizaje de este “*saber hacer*”, que corresponde a la esfera del conocimiento procedimental, si bien es factible de efectuarse en diferentes situaciones de

instrucción, es mediante los Trabajos Prácticos¹ dónde se potencia y dónde la inclusión de una metodología acorde con la desarrollada por la comunidad científica, toma significado para el estudiante.

Según Gil (1994), uno de los mayores problemas del aprendizaje de las ciencias es el abismo que existe entre las situaciones de enseñanza-aprendizaje y el modo en que realmente se construye el conocimiento científico. En un detallado trabajo, Hodson (1996) ha revisado los objetivos más comunes adjudicados a los TP durante las tres últimas décadas y ha señalado que la orientación más habitual que se ha dado a esas actividades es un enfoque tradicionalista, alejado completamente de la visión del trabajo científico. Entendemos pues, que esto representa uno de los obstáculos más importantes que debemos superar, por lo que se hace impostergable una reorientación de los TP, esencialmente transmisivos y cerrados, por aquellos en los cuales el alumno pueda encarar un problema experimental abierto mediante un procedimiento holístico, afín con la metodología científica y alejado de todo planteamiento recetístico (Hodson, 1992a). Durante la última década, las investigaciones en didáctica de las ciencias han demostrado que, como bien afirma Hodson (1992b), los estudiantes desarrollan mejor su comprensión conceptual y aprenden más acerca de la naturaleza de la ciencia cuando participan en investigaciones en las que haya suficientes oportunidades y apoyo para la reflexión. Esto evidencia, según Gil (1993), la necesidad de plantear el aprendizaje de las ciencias como un proceso de investigación dirigida.

Nuestro objetivo es “*acercar*” a los alumnos al trabajo científico mediante la resolución de situaciones problemáticas de alto nivel de indagación. No se trata pues, como afirman Gil y Martínez Torregrosa (1999) de proponer a los alumnos que hagan ciencia “en vez de” o “además de” aprender los conocimientos científicos, ni pretender que actúen como científicos trabajando en la frontera del saber, sino de que participen de pequeñas investigaciones dirigidas por los docentes, propiciando un aprendizaje coherente de las ciencias donde los conceptos, las prácticas de laboratorio y la resolución de problemas, aparezcan completamente integrados, tal como sucede en la actividad científica.

Aunque la concepción del aprendizaje como un proceso de investigación no es nueva, en los últimos años, las propuestas coherentes con esta idea han adquirido un desarrollo notable, especialmente desde el constructivismo (Campanario y Moya, 1999), pero las estrategias para poder llevarlas a cabo en el laboratorio son escasas y generalmente se limitan a recomendaciones generales que, si bien ofrecen base y fundamento para la metodología, no prescriben una determinada manera de organizar los TP en el laboratorio, lo que dificulta su implementación. Por tal motivo, en el presente artículo se expone y analiza un modelo didáctico cíclico para la resolución de TP concebidos como pequeñas investigaciones, el cual ha dado resultados satisfactorios en nuestra experiencia de Cátedra.

¹ A lo largo de este Artículo emplearemos el acrónimo TP para designar a los Trabajos Prácticos como actividades experimentales

DEFINICION DE LA PROPUESTA Y MARCO DE IMPLEMENTACION

Nuestra propuesta consiste en la inclusión, dentro de los TP de la Cátedra de Química Orgánica Ic, de un proyecto de investigación que deben llevar a cabo grupos cooperativos de no más de cuatro estudiantes, bajo la dirección de los docentes.

Las investigaciones se proponen a partir de situaciones problemáticas, con un grado de apertura V según Pella (1961), es decir, que los docentes solo especifican el problema mediante un guión (Fig. 1), quedando la resolución del mismo completamente a cargo de los grupos cooperativos.

Un municipio desea reciclar el aceite comestible usado, que desechan los comedores comunitarios de varios distritos y la materia grasa que (como desperdicio) pueden suministrar dos frigoríficos bovinos. Para la producción de un combustible alternativo como el Biodiesel ¿Qué situación ofrecerá mayores rendimientos y calidad de producto, producirlo a través del aceite usado, de la grasa animal o de una mezcla entre ambos?

Figura 1. Modelo de guión especificando un problema de categoría V según Pella (1961).

Si bien esta propuesta, basada en una visión constructivista, fue efectuada por la Cátedra de Química Orgánica Ic, para los alumnos que cursan el segundo año de la Licenciatura en Bromatología de la Facultad de Bromatología. UNER, entendemos que puede aplicarse en otras áreas de estudios de las ciencias experimentales.

El momento para efectuar este tipo de TP va a depender fundamentalmente de si los docentes adhieren a una concepción atomística u holística con relación al aprendizaje de los procedimientos. Sugerimos una posición intermedia, proponiendo el TP luego de una formación metodológica gradual, que supere la resistencia propia de los alumnos y genere un ambiente investigativo. En nuestro caso, al tratarse de una materia anual, los hemos implementado en el segundo cuatrimestre.

Objetivos

- Utilizar una metodología científica para la búsqueda de soluciones a problemas de investigación, contextualizados en la química orgánica, aplicando estrategias inclusoras de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales coherentes con las actuales concepciones epistemológicas de la ciencia.
- Identificar un problema de investigación, plantearlo, distinguir las relaciones entre sus variables y formular hipótesis en el contexto de un marco teórico que permita cotejar posibles diseños experimentales con materiales y reactivos asequibles.
- Participar en la planificación y realización de experimentos en equipos cooperativos que permitan la discusión, el debate y finalmente el consenso para llevar a cabo actividades científicas escolares.

- Evaluar resultados experimentales, contrastar hipótesis iniciales y reformular situaciones problemáticas como lo hacen los investigadores.
- Desterrar la imagen que poseen los alumnos de los TP como meros trámites para regularizar la asignatura, proponiéndoles problemas auténticos, relegando las recetas y los modelos transmisivos; para dar paso a procesos de indagación de la naturaleza, la metodología de la investigación y la resolución de problemas. (Blanco y Torossi, 2003)

Sugerencias para la formulación del problema objeto de investigación.

- Implicar conceptos que no sean inasequibles para los alumnos y que sean factibles de consultar en la bibliografía disponible.
- Proponer problemas en contextos reales para que los alumnos puedan percibir su utilidad y su vinculación con el área de interés. Deben contener por lo menos una variable dependiente y otra independiente.
- Presentarlos de forma abierta, desestructurada, como son la mayoría de los problemas en la vida real, donde el proceso de resolución tiene tanta importancia como la solución final.
- Posibilitar una fase de experimentación factible de efectuar, con materiales asequibles y reactivos de bajo costo.

ESTRATEGIA METODOLOGICA

Para llevar a cabo una investigación práctica conforme a nuestra propuesta, hemos tomado como referencia al modelo cíclico sugerido por Kempa (1968, citado por De Jong, 1998) y al caracterizado por el proyecto Assessment of Performance Unit (1984, citado por Caamaño, 2003) consistentes en un conjunto de actividades metodológicas concatenadas, destinadas a guiar al estudiante en la resolución de una investigación científica escolar (Fig. 2). Si bien estas actividades exigen una organización más compleja que la de los TP tradicionales, en su mayoría trascienden los límites del laboratorio, lo que permite cierta flexibilización para su implementación, dentro de los programas de TP de las asignaturas experimentales.

Quizás el lector pueda cuestionarnos que plantear pautas para la práctica de la ciencia nos lleve indefectiblemente a un modelo como el del método científico, ese mismo modelo que las corrientes epistemológicas contemporáneas, a la luz de la propia historia de la ciencia, han logrado desmitificar y hasta en algunos casos negar.

También pueden cuestionarnos que plantear pautas, significaría como han expresado Vázquez y Manassero (1999), tener una visión algorítmica de la metodología científica, entendida como una sucesión de etapas prefijadas y que acostumbra a reforzarse en el primer capítulo de los libros de texto.

En la introducción de nuestro artículo, no hemos definido al trabajo científico ni a su producto, lo que llamamos ciencia, dado que irremediamente nos encerraríamos en un debate epistemológico que está fuera del alcance de este artículo, pero si, podemos considerarlo como una actividad humana compleja. Ahora bien, si nuestra intención es la de acercar a los alumnos hacia ese trabajo científico mediante investigaciones prácticas *¿cómo podemos hacer para no caer en ese abismo de complejidad?* Indudablemente, afirma Jiménez Aleixandre (2003), si los estudiantes fuesen científicos, se podrían trasladar al aula situaciones similares a las que viven los científicos. Sin embargo, sabemos que esto no es posible, puesto que como enfatiza la autora, la ciencia de los científicos no es lo mismo que la ciencia escolar como tampoco lo es un proceso de la ciencia y un contenido procedimental, que son transposiciones didácticas o elaboraciones hechas a partir de los procedimientos de la ciencia, adaptados a las condiciones, necesidades y limitaciones de nuestros alumnos. Por lo tanto, si consideramos que el modelo cíclico que proponemos, responde a una transposición didáctica, su utilización comenzaría a justificarse.

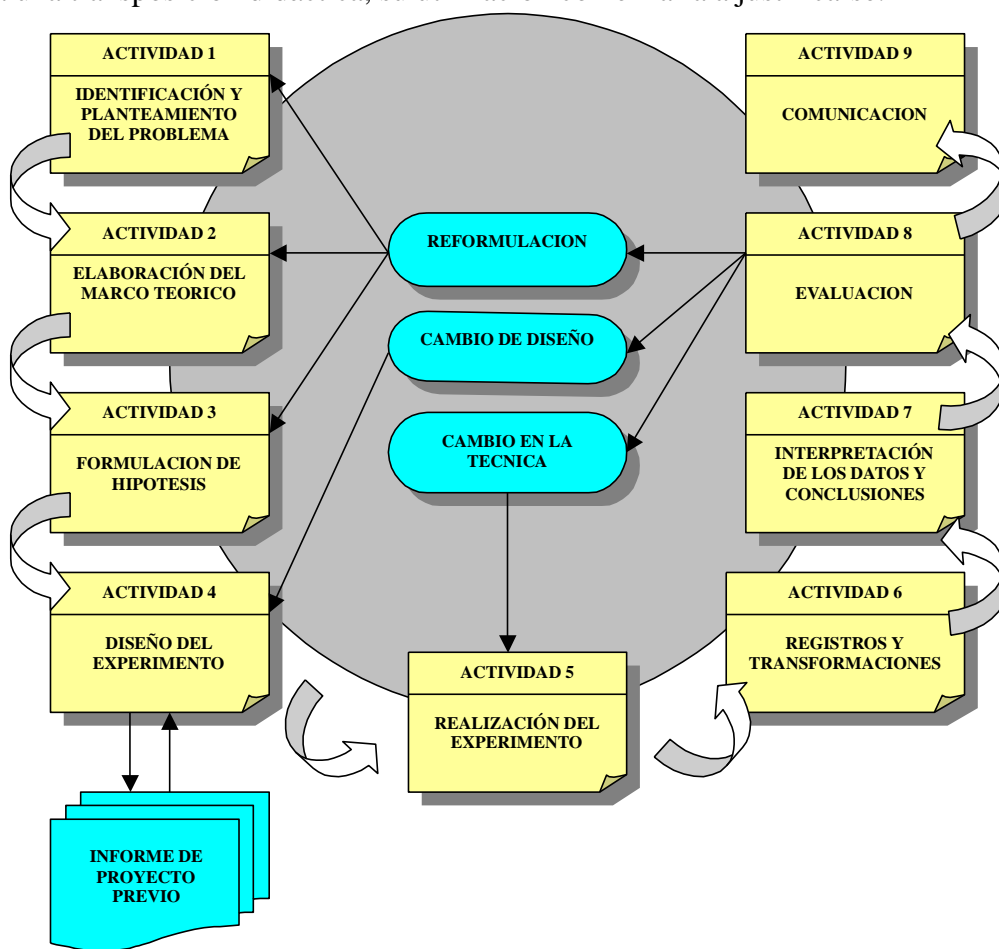


Figura 2. Modelo didáctico para la resolución de TP como investigaciones dirigidas

Nos preguntamos: *¿qué es una investigación científica?*. Hernández Sampieri et al. (2003), expresan que en esencia es como cualquier tipo de investigación, sólo que más rigurosa, organizada y cuidadosamente llevada a cabo; pudiendo ser más o menos controlada, más o menos flexible o abierta, más o menos estructurada (particularmente bajo un enfoque cualitativo), pero, nunca caótica y sin método.

También nos preguntamos *¿qué es la metodología de la investigación científica?* Kaplan (1964, citado por Yuni y Urbano 2003), la define como el estudio de los métodos utilizados por los científicos para producir nuevos conocimientos. Esta metodología, agrega Yuni y Urbano (2003) no constituye un saber de corte filosófico, como muchas veces se cree, sino que es un saber con contenido empírico, que son los métodos de producción de conocimiento utilizados en el campo científico.

Consideramos importantes ambas respuestas, puesto que nos mencionan términos tales como: orden, organización y hasta “método”. Sabemos de la imposibilidad de acordar en forma clara y precisa el significado atribuido a la palabra método, tampoco es nuestra intención dilucidarlo. Coincidimos con Yuni y Urbano (2003), en defender la concepción actual de un pluralismo metodológico, es decir, la aceptación de que hay múltiples métodos o caminos para producir conocimiento científico, todos válidos y eficaces para hacer avanzar a la ciencia. Estos autores señalan además, que esos métodos serían como un conjunto de procedimientos, que permiten abordar un problema de investigación, con el fin de lograr objetivos de conocimiento determinados, a lo que agregaríamos, en un contexto y bajo un paradigma determinado.

Desde esa perspectiva, Hernández Sampieri et al. (2003), afirman que los diseños experimentales son propios de una investigación cuantitativa, la cual se caracteriza por un conjunto de procedimientos consistentes en partir de una idea de investigación, transformarla en una o varias preguntas relevantes, derivar hipótesis y variables a partir de ellas, desarrollar un plan para probarlas, medirlas en un determinado contexto, analizar las mediciones obtenidas y establecer una serie de conclusiones respecto de las hipótesis iniciales. Que en definitiva, es concordante con el modelo que proponemos para la resolución de las investigaciones dirigidas, encontrándose otra justificación para su utilización.

Entrega a los alumnos del problema de investigación y propuesta de actividades para su resolución.

Actividad Nº 1

Identificación y Planteamiento del Problema

En esta instancia, cada grupo cooperativo debe identificar el problema para luego proceder a su planteamiento, lo que significa tener en cuenta tres elementos relacionados entre si:

- a) **Los objetivos:** ¿Qué propósitos tiene la investigación que se plantea?
- b) **La pregunta o preguntas de investigación:** ¿Qué es lo que se desea investigar?
- c) **La justificación:** ¿Por qué motivo se hace el estudio propuesto?

Actividad Nº 2

Elaboración del Marco Teórico

Mediante esta actividad se intenta promover en los alumnos destrezas de comunicación, tales como la utilización de diversas fuentes de información (libros de texto, revistas científicas, Internet, etc) y el procesamiento de la misma, para elaborar el marco teórico que sustentará a la investigación.

Actividad Nº 3

Formulación de Hipótesis

El planteo de posibles soluciones al problema, permite la explicitación de las ideas alternativas de los alumnos y una intervención docente vital para el cambio conceptual. La formulación previa de hipótesis, dentro del contexto de un determinado marco teórico, posibilita alejar a los alumnos de esa visión excesivamente inductivista de la ciencia que encierran las prácticas tradicionales y a la cual están tan acostumbrados. En esta instancia deben decir cuáles son las variables significativas que deberán ser investigadas.

Actividad Nº 4

Diseño experimental

El término diseño se refiere al plan o estrategia que los alumnos van a desarrollar para efectuar el experimento, los dispositivos e instrumentos de medida que van a utilizar. Esto permite poner de manifiesto la actividad creativa y el pensamiento divergente, con la consiguiente intervención docente, para producir cambios y reorientaciones cuando sean necesarias. Al cabo de esta actividad, cada grupo cooperativo deberá presentar un **“informe de proyecto previo de investigación”**, para que los docentes puedan analizarlo y debatirlo junto a los alumnos, antes de su realización en el laboratorio.

Actividad Nº 5**Realización del experimento**

En esta fase, luego de la planificación, cada equipo cooperativo lleva a cabo en el laboratorio el experimento diseñado previamente. Esta instancia para el aprendizaje de destrezas manipulativas, se diferencia de los TP tradicionales, debido a que son significativas para los alumnos, puesto que se realizan en base a un diseño, elección y acotación previa. Los alumnos no trabajan de forma mecánica y a ciegas.

Actividad Nº 6**Registros y Transformaciones**

Se entienden por registros, a la recopilación de datos que surgen de las mediciones efectuadas, observaciones plasmadas en documentos escritos, fotografías, dibujos, etc. Estos registros se deben transformar posteriormente en gráficos, tablas, estadísticas etc. para que sean de fácil manejo y comprensión.

Actividad Nº 7**Interpretación de los datos y conclusiones.**

Esta actividad supone, la interpretación de los datos obtenidos. Es el momento para que los alumnos contrasten las hipótesis, confirmándolas o refutándolas a la luz de los datos emanados de la experimentación. Las hipótesis refutadas generalmente desalientan a los alumnos, pero una pertinente intervención docente, enfatizando que, la búsqueda del camino adecuado es una de las tareas básicas del investigador, los estimulará para el resto del trabajo

Actividad Nº 8**Evaluación.**

La evaluación supone la valoración de los resultados obtenidos, atendiendo a su plausibilidad, contrastándolos con la experiencia y la teoría que, como consecuencia del proceso de investigación, se haya asociado al problema estudiado. La situación de enfrentarse a hipótesis refutadas, es una ocasión según Gil (1993), para el conflicto cognitivo de los alumnos, lo cual los obliga a replantearse el problema, a emitir nuevas hipótesis, a cambiar el diseño del experimento o la técnica para llevarlo a cabo.

Este proceso de reformulación, de cambio de diseño o de técnica, justifica la utilización del adjetivo “cíclico” con el cual hemos definido al modelo expuesto en el presente artículo. Autores como Sánchez y Valcárcel (1993), le dan una interpretación más global, al expresar que existe un cierto consenso en considerar a la investigación, como un proceso cíclico que comienza con el planteamiento de un problema y que termina planteando nuevos problemas, a partir del conocimiento producido.

Actividad Nº 9

Comunicación

Implica la redacción de un informe final estructurado como los informes científicos. Su elaboración es fundamental, por cuanto valida todo el esfuerzo investigador de los alumnos y le otorga un carácter público y social a los resultados obtenidos.

Valoración de los Aprendizajes

Está basada en la utilización de los tres medios expresados a continuación:

- a) **Observación directa durante el desarrollo de la investigación:** esta técnica ofrece amplia información sobre los progresos que realizan los estudiantes. Sugerimos utilizar una lista de cotejo que involucre contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales.
- b) **Diagramas “V” de Gowin:** Evidencian la correlación entre lo que el alumno ha hecho (dominio metodológico) y lo que sabe y piensa (dominio conceptual). Sugerimos para su valoración, el esquema propuesto por García Sastre et al. (2003).
- c) **Análisis de los informes escritos finales:** para el cual sugerimos, la valoración globalizada definida por Hodson (1992a), como evaluación integral de aprendizajes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Las investigaciones dirigidas, si bien motivan a los estudiantes, generan un cierto clima de incertidumbre. La información suministrada por un cuestionario semiestructurado efectuado a principio del ciclo lectivo 2003, reveló que, frente a la pregunta: *¿consideras que es posible realizar TP sin las instrucciones de una receta?*, el 85% de los alumnos afirmó la imposibilidad de efectuarlo, basándose en el hecho de que sin instrucciones no “sabrían que hacer” y que se “sentirían realmente perdidos”. En esta propuesta, el docente se transforma en una especie de “guía indagadora de TP” en lugar de una “receta facilitadora”. Su intervención adecuada y medida, será la brújula en las actividades.
- Se ha logrado introducir a los alumnos a un ambiente investigativo, en el cual han aprendido a utilizar y a aplicar los fundamentos básicos de la metodología de la investigación, disciplina generalmente ausente en el currículum universitario de las ciencias naturales.
- Se ha propiciado la explicitación de las ideas alternativas de los alumnos, habitualmente ignoradas en las prácticas tradicionales. En coincidencia con lo expresado por Gil (1994), se ha comprobado que, en un aprendizaje como investigación, el cambio conceptual adquiere un carácter instrumental y deja de ser un objetivo en si mismo, como enfatiza el autor, “la investigación no se plantea para conseguir el cambio conceptual, sino para resolver un problema de interés, dicho cambio conceptual se produce a lo largo de todo el proceso como un resultado más”.
- El trabajo y la dedicación del equipo docente se ha incrementado, no tenemos una visión ingenua y reduccionista del trabajo científico al considerar que el alumno puede

investigar solo y que el aprendizaje lo logra a través de su trabajo autónomo. La dirección docente es vital. Se ha resignificado el valor de las “horas de consulta”, generalmente ignoradas por los alumnos, resultando un ámbito altamente enriquecedor para las diferentes actividades.

- Los instrumentos de valoración del aprendizaje demostraron una satisfactoria integración de los contenidos de la asignatura.
- Se ha propiciado un aprendizaje secuencial e integral de los contenidos procedimentales.
- Mediante la propuesta, se han contextualizados temas de la química orgánica que generalmente se mencionan en las clases expositivas, tal es el caso de la “transesterificación” que ha sido abordada a través de la producción de Biodiesel a partir de aceites comestibles reciclados, permitiendo además, las relaciones CTS.
- Se comprobó que muchas investigaciones, han sido consideradas por los alumnos como futuros micro emprendimientos. Por ejemplo: producción de esencias, jabones y biodiesel.

CONCLUSIONES

La Universidad debe constituir el ámbito de valoración del “saber sabio”, aportado por las investigaciones de la comunidad científica, por lo que estamos convencidos que el docente, mediante una adecuada transposición didáctica, debe propiciar que ese saber, se transforme en un saber a enseñar, coherente con la cosmovisión científica actual.

Consideramos impostergable una reestructuración de los TP tradicionales, en actividades que permitan al alumno la resolución de problemas mediante la investigación, donde se deje sin sentido la fragmentación entre conocimientos, habilidades y actitudes, para dar paso a los procesos de indagación en vez de la mera trasmisión de los conocimientos y permitir, en definitiva, que el alumno se transforme en un sujeto activo y protagonista de su propio aprendizaje y desarrollo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Blanco, S.; Torossi, F.** (2003). Las clases prácticas de laboratorio en Química Orgánica: una propuesta no tradicional. VI Jornadas Nacionales y III Internacionales de Enseñanza Universitaria de la Química. La Plata, 50.
- Caamaño, A.** (2003). Los trabajos prácticos en ciencias. en M. P. Jiménez (coord.). Enseñar Ciencias, Graó, Barcelona. 95-118.
- Campanario, J.; Moya, A.** (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17,(2), 179-192.
- De Jong, O.** (1998). Los experimentos que plantean problemas en las aulas de química: dilemas y soluciones. *Enseñanza de las Ciencias*, 16, (2), 305-314.
- García Sastre, P.; Insausti, J. Merino, M.** (2003). Evaluación de los trabajos prácticos mediante diagramas V. *Revista Electrónica de las Ciencias*, 2, (1).

- Gil, D.** (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.
- Gil, D.** (1994). Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico. *Investigación en la Escuela*, 23, 17-32.
- Gil, D.; Martínez Torregrosa, J.** (1999). ¿Cómo evaluar si se hace ciencia en el aula?. *Alambique*, 23, 17-32.
- Gil, D.; Payá, J.** (1984) Los trabajos prácticos de Física y Química y la metodología científica. *Enseñanza de las Ciencias*, 2 (2), 73-79
- Hernández Sampieri, et al** (2003). Metodología de la Investigación. Mc. Graw Hill, México.
- Hodson, D.** (1992a). Assessment of Practical Work. *Science and Education*, 1, 115-144
- Hodson, D.** (1992b). In search of a meaningful relationship. *International Journal of Science Education*, 14 (5), 541-566.
- Hodson, D.** (1996). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*, 28, 115-135.
- Jiménez Aleixander, M. P.** (2003). El aprendizaje de las ciencias: construir y usar herramientas, en M. P. Jiménez (coord.). Enseñar Ciencias, Graó, Barcelona. 13-32.
- National Science Education Standards** (1996). National Academy Press, Washington. DC.
- Pella, M.** (1961). The laboratory and science teaching. *The Science Teacher*, 28, 20-31.
- Sánchez, G.; Valcárcel, M.** (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 33-44.
- Vázquez, A.; Manassero, M.** (1999). Características del conocimiento científico: creencia de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 377-395.
- Yuni, J.; Urbano, C.** (2003) Técnicas para investigar. Editorial Brujas. Córdoba.

Este trabajo fue presentado como Comunicación Oral en la XII Reunión de Educadores en la Química REQ XII. Bernal. Argentina, octubre de 2004 y propició la inclusión de los autores como representantes de la UNER para integrar junto a las Universidades Nacionales de Quilmes, San Juan y del Centro el Proyecto "Investigación en Redes para la Cooperación Científica y la Formación Docente en Enseñanza de las Ciencias Naturales en Entornos Virtuales. Presentado ante la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva como proyecto de Investigación Científica y Tecnológica. PICT 2004 (evaluación pendiente) Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. República Argentina.

De Interés

EL PREMIO NOBEL DE QUÍMICA 2005

La Academia de Ciencias Sueca galardonó este año al científico francés Yves Chauvin y a los estadounidenses Robert H. Grubbs y Richard R. Schrock, por sus descubrimientos que permiten sintetizar sustancias con más eficiencia y menos desperdicios tóxicos.

Estos científicos desarrollaron el método de **metátesis**, una forma de reagrupar átomos dentro de las moléculas. Según indicó la Academia en su comunicado, es un ejemplo de cómo se aplica la ciencia básica para el beneficio del ser humano, ya que el proceso de metátesis es utilizado por las industrias química y biotecnológica para producir plásticos más fuertes y drogas más eficaces para tratar el HIV/sida, el mal de Alzheimer y la artritis, entre otras enfermedades.

Chauvin, de 74 años, es director honorario de investigaciones en el Instituto Francés del Petróleo. Según sus declaraciones, abrió el camino que luego siguieron sus colegas estadounidenses. Grubbs, de 63 años, es profesor del Instituto Tecnológico de California (CALTECH) y Schrock, de 60 años, del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT).

La importancia del proceso desarrollado por los galardonados es que, a diferencia de los procesos tradicionales, que requieren altas temperaturas y presiones para romper los enlaces entre átomos de carbono, la reacción explicada en 1971 por Chauvin permite lograrlo en menos pasos y con menor contaminación del ambiente.

La metátesis de los alquenos u olefinas presentes en el petróleo, se observó por primera vez en 1950 en la industria química. Y en 1956, en el departamento de Petroquímica de DuPont se obtuvo, a partir de este proceso, un copolímero de propileno-etileno con un catalizador de molibdeno y aluminio.

Pero fue recién en 1971 cuando Yves Chauvin pudo explicar en detalle cómo funciona la metátesis y qué tipo de compuestos metálicos actúan como catalizadores. En su artículo publicado en 1971, Chauvin pudo explicar el papel clave que, en la metátesis de las olefinas, jugaban los carbenos, compuestos organometálicos que cuentan con un doble enlace metal-carbono. Cabe señalar que la organometálica es la rama de la química que involucra compuestos que tienen enlaces de carbono y metal

Si bien en aquel momento se pudo conocer la receta, pasarían algunos años hasta poder realizar la catálisis de manera más eficiente. El primero en lograrlo, en 1990, fue Richard Schrock. Según explica el comité del Nobel, a comienzos de los años 70 Schrock descubrió que metales como el tungsteno y el molibdeno parecían ser muy buenos catalizadores y que la metátesis podía aplicarse a todo un amplio rango de compuestos orgánicos, desarrollando los catalizadores que se conocen como 'carbenos de Schrock'. Mas tarde, en 1982, Grubbs encontró un catalizador que contenía el metal rutenio y que, aunque no funcionaba tan eficientemente como el de Schrock, tenía la propiedad de ser estable al aire libre.

Como ya se señaló, la ventaja de esta reacción es que resulta más eficiente y, al requerir menos pasos, produce menor cantidad de desechos. Además es más amigable para el ambiente porque puede realizarse en solventes inocuos como el agua, mientras que los procesos tradicionales requerían el uso de solventes orgánicos.

En la actualidad, la metátesis es empleada en el desarrollo de drogas farmacológicas y ciertos materiales plásticos, como el polietileno. Asimismo, tiene una aplicación importante en la industria petroquímica, donde, a través de este proceso, se pueden obtener hidrocarburos de cadena intermedia, que son más útiles que los de cadena muy larga o muy corta.

Tal vez el proceso premiado este año no sea muy revolucionario desde el punto de vista de sus aplicaciones, pero los catalizadores descubiertos por Chauvin, Schrock y Grubbs abrieron las puertas a la fabricación de muchas de las sustancias sintéticas que dominan el mundo de hoy, y es muy posible que en el futuro generen otros valiosos desarrollos.

Luz Lastres. Basado en noticias aparecidas en La Nación, 6-10-05 y publicaciones científicas varias

Hojeando revistas

Una nueva Revista Electrónica

Desde enero de 2005 las revistas electrónicas Chemistry Education Research and Practice (publicada por la Universidad de Ioannina) y University Chemistry Education (publicada por la Royal Society of Chemistry) se fusionaron. La nueva revista, completamente electrónica, es publicada por The Royal Society of Chemistry bajo el título Chemistry Education Research and Practice. Habrá cuatro números por año, disponibles en forma gratuita en Internet. Los editores, Georgios Tsaparlis (gtseper@cc.uoi.gr) y Stephen Breuer (s_and_b_breuer19@hotmail.com), pueden agregar información detallada.

Diboruro de magnesio, MgB₂

En 2001 investigadores descubrieron que el aparentemente poco excepcional compuesto diboruro de magnesio superconduce debajo de unos 40 kelvins, casi el doble de la temperatura de otros superconductores similares. Su máxima temperatura práctica de trabajo es de entre 20 y 30 K. Esa temperatura puede lograrse enfriando con neón líquido o con hidrógeno líquido o por refrigeración por ciclo cerrado, todos métodos mucho más baratos y menos complicados que el enfriamiento con helio líquido requerido por las aleaciones de niobio que son ampliamente utilizadas en la industria a unos 4 K.

Cuando se lo dopa con carbón u otras impurezas, el diboruro de magnesio iguala o mejora a las aleaciones de niobio en cuanto a retener la superconductividad en presencia de campos magnéticos y cuando conduce una corriente eléctrica. Las aplicaciones potenciales incluyen imanes superconductores, líneas eléctricas y sensibles detectores de campo magnético.

Scientific American, **292**, 4, abril 2005

"El organismo está hecho de dos clases de elementos, las células adultas que no pueden revertir al estado embrionario (...) y los corpúsculos germinales, células indiferenciadas específicas de cada tejido. Las segundas carecen de actividad fisiológica útil, pero se encargan de la regeneración del tejido, tanto en la fisiología normal como en los procesos patológicos".

Santiago Ramón y Cajal, en un texto de 1896
que reproduce Nature como ejemplo de una
asombrosa intuición que el fisiólogo español tuvo
de lo que hoy llamamos células madre.
Citado en Microsemanario N° 541