



cicCartuja

centro de
investigaciones científicas
isla de la cartuja

Cuadernos de Divulgación Científica

∞

Encuentros con la Ciencia

3

Cuadernos de Divulgación Científica

∞

Encuentros con la Ciencia

3

“Las ciencias ayudan a no perder la cabeza, a seguir adelante y a descubrir que el mundo, a fin de cuentas, es bueno y está firmemente unido; quien goza de una sólida formación científica acaba por sentirse a sus anchas, incluso entre los objetos que cambian y pierden continuamente su propia identidad”

Claudio Magris

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	5
<i>Comprometidos con la ciencia y la sociedad</i>	
Miguel Ángel de la Rosa Acosta.....	7
CONFERENCIA INAUGURAL	9
<i>La Química, la catálisis y la vida</i>	
Ernesto Carmona Guzmán	11
INSTITUTO DE BIOQUÍMICA VEGETAL Y FOTOSÍNTESIS	13
<i>Las plantas se adaptan a su entorno</i>	
Anna Lindhal	15
<i>Cómo se controla una enzima: una interacción puede cambiar el metabolismo</i>	
Lorena Saelices Gómez	19
INSTITUTO DE CIENCIA DE MATERIALES DE SEVILLA	23
<i>Un viaje por el nanomundo y los nanomateriales a través del microscopio electrónico</i>	
Gisela M. Arzac, María del Carmen Jiménez de Haro, Asunción Fernández	25
<i>Redescubriendo el oro: nuevas aplicaciones en el siglo XXI</i>	
Miguel Ángel Centeno Gallego	29
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES QUÍMICAS	33
<i>Los plásticos: ¿Atentado al medio ambiente o contribución a la sostenibilidad?</i>	
Juan Cámpora Pérez	35
<i>El papel de las taquicininas en la función espermática humana</i>	
Antonio Cejudo Román, Francisco Pinto y Luz Candenás	40
NOTAS SOBRE LOS AUTORES.....	44
COMISIÓN DE DIVULGACIÓN cicCARTUJA.....	46

INTRODUCCIÓN

Comprometidos con la ciencia y la sociedad

MIGUEL ÁNGEL DE LA ROSA ACOSTA

Director del cicCartuja

El Centro de Investigaciones Científicas Isla de la Cartuja (cicCartuja) es una institución pública afincada en la comunidad andaluza y dedicada primordialmente a la generación de conocimiento mediante el trabajo de investigación científica que desarrollan sus tres Institutos: Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis (IBVF), Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (ICMS) e Instituto de Investigaciones Químicas (IIQ).

El cicCartuja, fundado en 1995 por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), la Junta de Andalucía y la Universidad de Sevilla (US), es uno de los exponentes nacionales en cuanto a interdisciplinariedad de estudios, y prueba de ello son las investigaciones conjuntas que se realizan en sus instalaciones entre áreas de la química, la biología y la física de materiales.

Además de su extensa labor en la creación de saber científico, el cicCartuja continúa su compromiso con la divulgación y la popularización de los conocimientos que se generan en sus laboratorios. Por ello, mantiene activa su participación en los actos provinciales, autonómicos y nacionales organizados con objetivo de acercar la ciencia a la sociedad. En esta tarea difusora contribuye el Centro por entero, aportando su tiempo y bagaje en las visitas guiadas, Ferias de la Ciencia y Semanas de la Ciencia y la Tecnología, eventos todos caracterizados por su finalidad divulgativa. 2011 sigue la estela iniciada el año pasado con la creación del portal www.ciccartuja.es y la Oficina de Comunicación.

La participación del cicCartuja en la XI Semana de la Ciencia y la Tecnología presenta una novedad: el estreno, el 7 de noviembre de 2011, del Café con Ciencia, una nueva actividad enmarcada en las actuaciones que nuestro Centro lleva a cabo con motivo de esta fiesta nacional en la que la ciencia se acerca a jóvenes y mayores de forma dinámica desde todos los puntos del país. El Café con Ciencia, que nace desde la Fundación Andaluza para la Divulgación de la Innovación y el Conocimiento (Fundación Descubre) y cuenta con el apoyo de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), se sumará a la ambiciosa tarea de potenciar las reflexiones científicas a partir de cuatro encuentros amenos entre un grupo de alumnos de Bachillerato e investigadores del cicCartuja.

Como cada año en noviembre, el cicCartuja celebrará su particular Semana de la Ciencia y la Tecnología, en la que abrirá sus puertas a la visita guiada de estudiantes, y organizará siete charlas sobre temas de interés científico específicos. Fruto de estas ponencias, saldrá a la luz la tercera edición de los *Cuadernos de Divulgación Científica cicCartuja*, uno de los cuales tiene ahora en sus manos.

Aprovechando que este año se conmemora el Año Internacional de la Química, la ponencia inaugural será impartida por D. Ernesto Carmona Guzmán, Catedrático de Química Inorgánica de la Universidad de Sevilla e investigador en el Instituto de Investigaciones Químicas (IIQ) del cicCartuja. El Profesor Carmona, que fue galardonado con el Premio Rey Jaime I en la modalidad de Investigación Básica en 2010, abrirá este ciclo científico con la conferencia “La Química, la catálisis y la vida”.

Los artículos siguientes de los *Cuadernos* proceden de las investigaciones propias de cada uno de los tres Institutos del cicCartuja. El Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis (IBVF) contribuye con dos temas ligados al “mundo verde”: la adaptabilidad de las plantas a las condiciones cambiantes del entorno y el control de la actividad funcional de las proteínas de carácter enzimático. El Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (ICMS) aporta saberes sobre el mundo de los nanomateriales y las nuevas aplicaciones del oro en nuestro siglo. Finalmente, las exposiciones del Instituto de Investigaciones Químicas (IIQ) se centran en la dualidad contaminación-sostenibilidad de los plásticos y el rol de las taquicininas, moduladores de la movilidad de los espermatozoides y de capital importancia, por tanto, para la fertilidad humana.

Desde el cicCartuja deseamos que este material les resulte enriquecedor y útil, metas a las que ha dedicado su ilusión, tiempo y esfuerzo todo el personal investigador que ha contribuido en esta labor apasionante de hacer más accesible la divulgación científica y a quienes agradecemos su compromiso y generosidad.

CONFERENCIA INAUGURAL

La Química, la catálisis y la vida

ERNESTO CARMONA GUZMÁN

Catedrático de Química Inorgánica

Universidad de Sevilla - Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Resumen:

La Química, la catálisis y la vida guardan una estrecha relación entre sí. La Química es la ciencia que estudia la materia y sus transformaciones. Aunque, como se discutirá en esta conferencia, en sus inicios fue consecuencia directa de la estructura electrónica de los átomos, que se unieron unos con otros de manera espontánea de acuerdo con sus afinidades químicas, la ciencia química que conocemos es además resultado de la intervención del ser humano y, por tanto, fruto de la inteligencia, la imaginación y el esfuerzo de los químicos a lo largo de muchos años, con la valiosísima contribución de científicos y técnicos expertos en otras materias.



Figura 1. La Química es la ciencia que estudia la materia y sus transformaciones. Es, por ello, una disciplina íntimamente relacionada con cualquier manifestación de la vida.

Contenidos:

La vida es, sin atisbo de duda, el más maravilloso de cuantos acontecimientos se han producido en nuestro planeta en sus alrededor de 4.500 millones de años de existencia. Con toda seguridad, la química estuvo en sus orígenes, probablemente mediante múltiples transformaciones que todavía no conocemos con el detalle necesario. Es tanta la complejidad de la vida que podría decirse que constituye la máxima expresión de la química y que encierra química en el más alto grado de diversidad imaginable.

Y, finalmente, la catálisis, un fenómeno consustancial a la química y parte esencial de la vida misma, puesto que, como es conocido, infinidad de procesos biológicos son catalizados por enzimas.

En esta conferencia se discutirá, en primer lugar, la génesis de los elementos químicos, cuyos átomos son los constituyentes esenciales de la materia que conocemos y, en especial, la de los elementos hidrógeno, carbono, nitrógeno y oxígeno, que pueden considerarse los cuatro básicos para la vida. De forma natural, estas consideraciones sobre los nucleosíntesis estelar conducirán a la discusión de la formación del sistema solar y, con él, a la de nuestro planeta, para poner de manifiesto que la química ha existido en el Universo y en la Tierra desde mucho antes que nosotros mismos.

Dando un gran salto en el tiempo hasta situarnos en el siglo XIX, el extraordinario desarrollo que la Química experimentó a lo largo de esta centuria llevó consigo avances paralelos en la industria química, que se potenciaron de forma espectacular durante el pasado siglo XX. En la actualidad, la industria química, cuya influencia económica y social es difícil de superar, abarca no sólo la que podríamos llamar "clásica" (fertilizantes, colorantes, explosivos, combustibles y otros productos derivados del petróleo, etc.), sino también una mucho más moderna y sofisticada que produce materiales de diseño con las propiedades requeridas por el consumidor (polímeros de variada naturaleza, cristales líquidos, diversos materiales ópticos, eléctricos o magnéticos, medicamentos, productos agrobiológicos, etc.).



Figura 2. Coincidiendo con el centenario de la concesión del Premio Nobel de Química a Marie Curie, 2011 ha sido designado Año Internacional de la Química. Esta elección sirve para potenciar la relevancia de la Química a nivel social y también para reconocer la contribución de las mujeres a la ciencia.

Prácticamente en todas estas ramas de la industria química la catálisis desempeña una misión fundamental y, por ello, para concluir esta disertación, se considerarán con la brevedad obligada algunos procesos catalíticos heterogéneos de especial relevancia económica o medioambiental (proceso Haber-Bosch, catálisis mediante zeolitas, catalizadores de tres vías) y otros homogéneos, en particular, las reacciones de hidrogenación asimétrica aplicadas a la síntesis de la l-dopa (levo-dihidroxifenilalanina), un medicamento muy eficaz para el tratamiento de la enfermedad de Parkinson.

INSTITUTO DE BIOQUÍMICA
VEGETAL Y FOTOSÍNTESIS

Las plantas se adaptan a su entorno

ANNA LINDAHL

Resumen:

Entre los enemigos de las plantas se encuentran, naturalmente, los herbívoros. Sin embargo, insospechadamente, un enemigo potente de las plantas es la luz solar. Demasiada luz decolora las hojas, inhibe la fotosíntesis y reduce el crecimiento. Para evitar los daños causados por la luz, las plantas han desarrollado estrategias de protección que implican cambios en los componentes celulares que llevan a cabo la fotosíntesis. Si no fuera por estas estrategias, las plantas tolerarían menos la luz y se morirían en un día soleado.

Contenidos:

El interés de la investigación en plantas deriva de sus usos como alimentos, como fábricas de productos naturales para la industria química y alimentaria, y como herramientas en tecnologías medioambientales. A diferencia de los animales, las plantas no se pueden desplazar. Por consiguiente, estos seres sésiles tienen que lograr hacer frente a las adversidades de su entorno o morir. El conocimiento de los mecanismos de adaptación de las plantas a cambios en las condiciones ambientales y las respuestas a situaciones de estrés tiene importancia tanto para sus aplicaciones como para la biología fundamental. En este campo destacan los estudios de la adaptación de las plantas a cambios de intensidad luminosa, a temperaturas extremas, desecación y a altas concentraciones salinas. En relación con el medio ambiente, se han estudiado los mecanismos de adaptación a suelos ácidos y contaminación por metales pesados. En conjunto, se conoce a estas condiciones como "estrés abiótico". Los herbívoros y los fitopatógenos (por ejemplo, los hongos) implican condiciones adversas, que también desencadenan mecanismos de respuesta en las plantas, lo que es conocido como "estrés biótico".

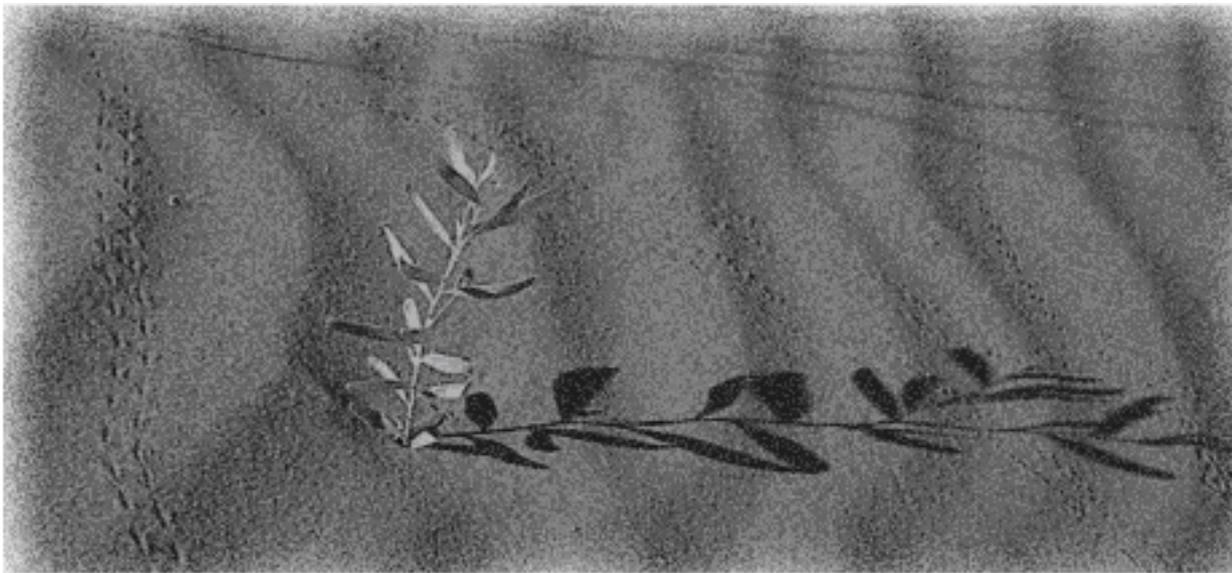


Fig. 1. La planta del desierto sufre varios tipos de estrés abiótico.

Las plantas convierten la energía de la luz solar en energía química, la cual se almacena en azúcares que se construyen a partir del dióxido de carbono de la atmósfera. Este proceso, la fotosíntesis, tiene lugar en las células de los tejidos verdes de las plantas, en concreto dentro de los cloroplastos. El color verde se debe a que la clorofila rebota la luz verde y se queda con la energía de la luz azul y roja. La conversión de energía en los cloroplastos implica la formación de pequeñas corrientes eléctricas.

Los centros de reacción están ubicados en los llamados fotosistemas. Tanto las antenas como los fotosistemas consisten en complejos de proteínas que unen clorofila.

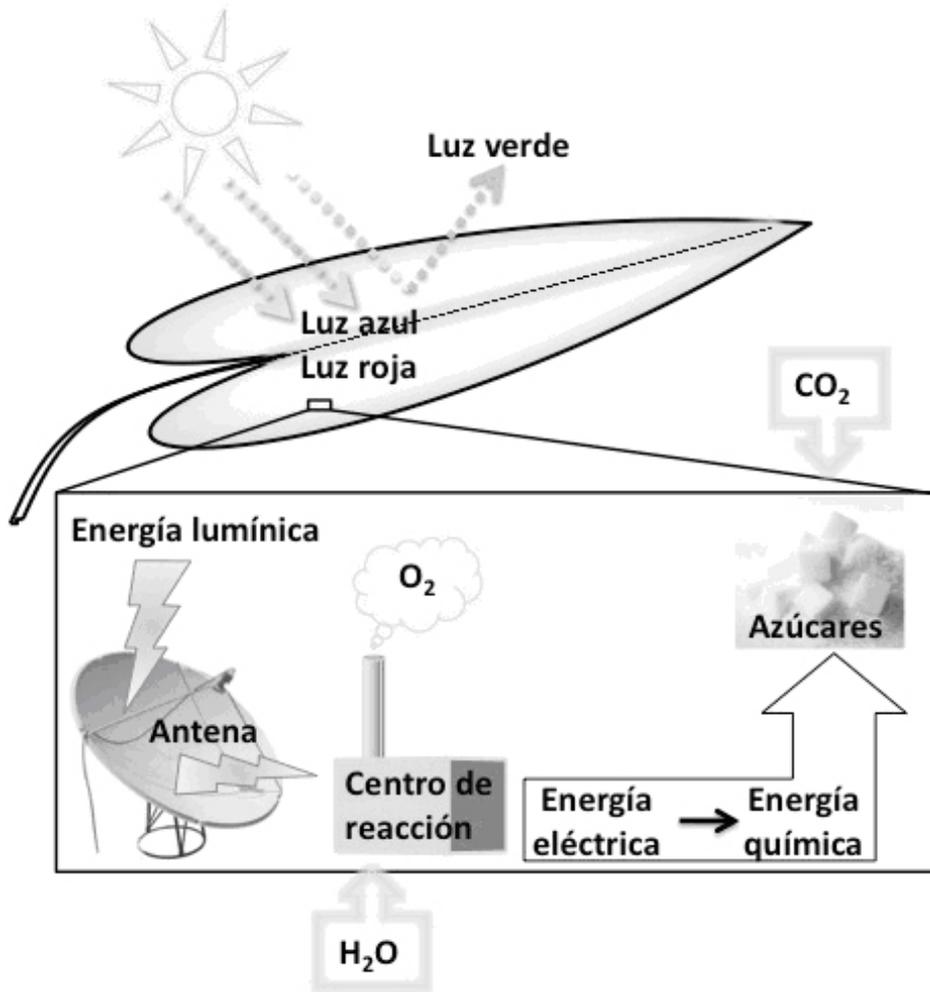


Fig. 2. Durante la fotosíntesis, las antenas captan la luz solar y la transfiere a los centros de reacción. Estos consumen agua, desprenden oxígeno y producen corrientes eléctricas.

La luz es esencial para la fotosíntesis, pero también puede ser un factor de estrés abiótico. Un incremento de la intensidad luminosa acelera la fotosíntesis y hace crecer más rápido las plantas, pero sólo hasta cierto punto. Una luz muy intensa daña los centros de reacción, ralentiza la fotosíntesis y hace crecer más lento las plantas. Esto se conoce como "fotoinhibición".

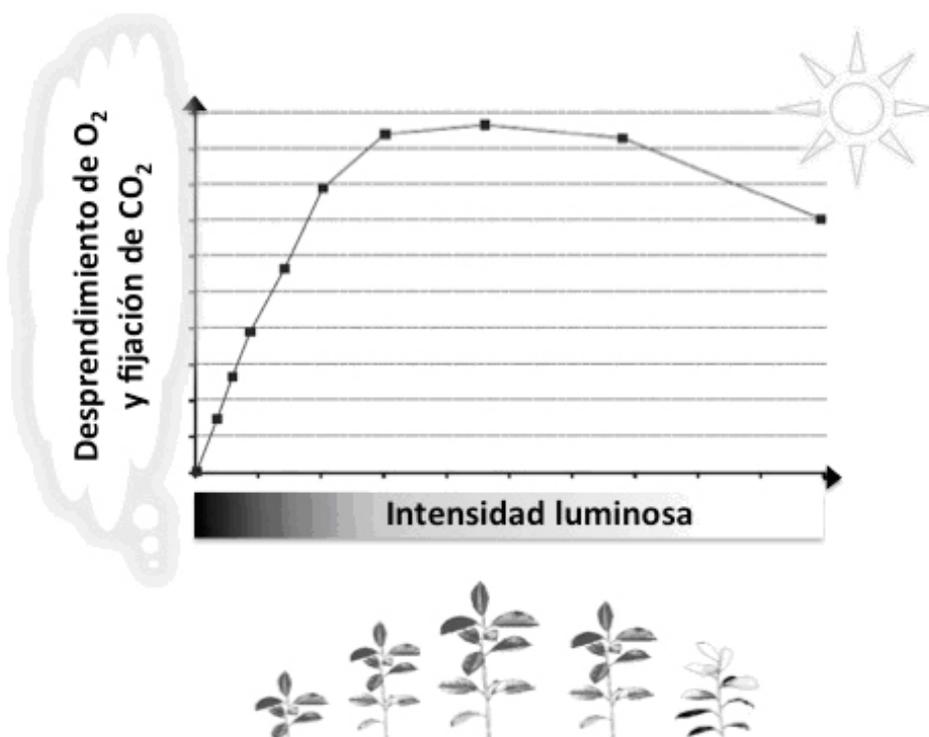


Fig. 3. Demasiada luz causa foto-inhibición en las plantas.

El problema es que una corriente eléctrica cerca de un sitio con elevadas concentraciones de oxígeno resulta en la producción de radicales libres muy reactivos y nocivos. Cuanto más intensa es la luz, más radicales y más daños sufren los centros de reacción. Aunque las plantas poseen sistemas de reparación, la velocidad de destrucción puede llegar a superar la velocidad de reparación.

La fotoinhibición, que supone pérdidas de cosechas, empeora cuando la alta irradiación solar se combina con otros tipos de estrés abiótico, tales como altas temperaturas y desecación. Sin embargo, existen estrategias en las células vegetales para prevenir que esto ocurra (Fig. 4). A) En pocos minutos después de un incremento de la intensidad luminosa, las antenas cambian de estructura de manera que llega menos energía a los centros de reacción y el resto de la energía se disipa como calor. B) También en cuestión de minutos parte de las antenas se desconectan de los centros de reacción. C) Finalmente, si persiste la luz intensa, al cabo de tres o cuatro días disminuye el tamaño de las antenas y así captan menos luz.

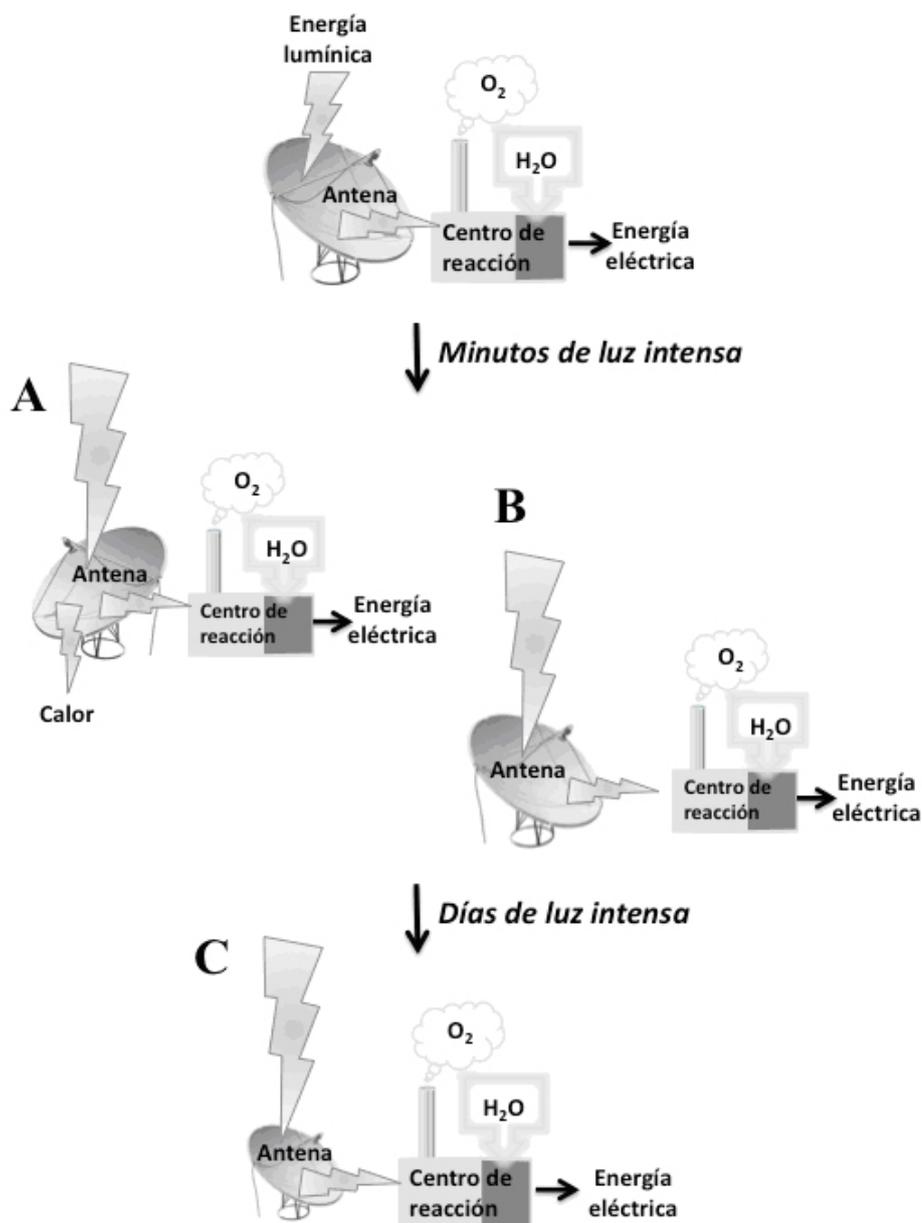


Fig. 4. La luz de alta intensidad provoca modificaciones en las antenas a corto y largo plazo para evitar destrucción masiva de los centros de reacción.

Conclusiones:

A pesar de ser necesaria para la fotosíntesis, la luz solar constituye potencialmente un estrés abiótico para las plantas. Para evitar daños, las plantas tienen sistemas para disminuir la captación de la luz. Si estos fallan o si la luz es demasiado intensa se produce fotoinhibición, lo cual conlleva una reducción del crecimiento y pérdidas en el rendimiento de las cosechas.

Para saber más:

<http://www.ftexploring.com/photosyn/photosynth.html>

<http://bioenergy.asu.edu/photosyn/study.html>

<http://bioenergy.asu.edu/photosyn/education/photointro.html>

<http://www.life.illinois.edu/govindjee/paper/gov.html>

http://virtual.uptc.edu.co/revistas/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/709

Cómo se controla una enzima: una interacción puede cambiar el metabolismo

LORENA SAELICES GÓMEZ

Resumen:

Las proteínas son un componente esencial de los seres vivos. Entre ellas, las enzimas realizan un papel crítico para el correcto funcionamiento celular y por ello deben ser reguladas. *Synechocystis* es una cianobacteria modelo para el estudio de la asimilación de nitrógeno y presenta un sistema de regulación de la glutamina sintetasa que consiste en la interacción reversible de dos proteínas de pequeño tamaño con dicha enzima, clave del metabolismo.

Introducción:

Las proteínas son macromoléculas que forman parte de los seres vivos, junto con los lípidos y los hidratos de carbono. Una proteína está formada por la unión lineal de aminoácidos. La estructura de un aminoácido se caracteriza por un grupo amino ($-\text{NH}_2$) unido al carbono denominado α , unido a su vez a un grupo carboxilo ($-\text{COOH}$). El carbono α está unido también a un hidrógeno y a una cadena lateral ($-\text{R}$) (Figura 1). Los distintos aminoácidos se diferencian por sus cadenas laterales. Los 20 aminoácidos que se encuentran en la naturaleza contienen, en sus 20 cadenas laterales diferentes, una notable colección de grupos químicos distintos. Esta diversidad le confiere a cada aminoácido distintas propiedades, pudiendo ser hidrofóbos o hidrófilos, polares o no polares, o con presencia o ausencia de grupos ionizables (con carga positiva o negativa).

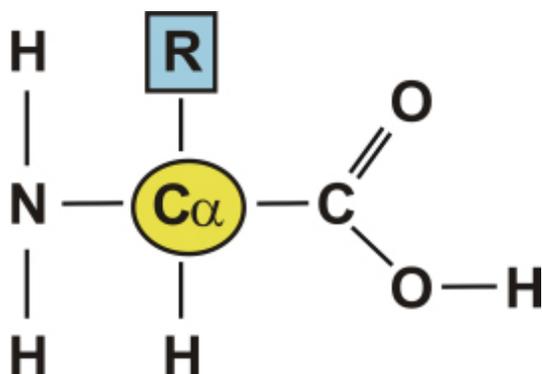


Fig. 1. Esquema general de los aminoácidos

Los aminoácidos se unen covalentemente mediante el enlace peptídico, en el que el grupo amino de un aminoácido se une al grupo carboxilo de un aminoácido contiguo, liberando una molécula de agua. Al conjunto lineal de aminoácidos que forman una proteína se conoce como "secuencia o estructura primaria" de dicha proteína. Es el primer nivel de organización estructural. La mayoría de las proteínas presentan niveles superiores de organización estructural. La cadena peptídica puede encontrarse parcialmente enrollada en ciertas regiones. Este plegamiento regular local se denomina "estructura secundaria de la molécula". Las regiones enrolladas se pliegan a su vez formando una estructura compacta, denominada "estructura terciaria". Algunas proteínas constan de varias cadenas polipeptídicas dispuestas de modo regular. Esta disposición se denomina "nivel de organización cuaternario". La estructura tridimensional específica de cada proteína es la que le permite desempeñar su papel biológico particular.

Estas biomoléculas pueden realizar una amplia variedad de funciones: unas, transportan y almacenan moléculas pequeñas; otras, constituyen gran parte de la organización estructural de las células y los tejidos. Quizás las más importantes de todas sean las enzimas, catalizadores que promueven la enorme variedad de reacciones que constituyen el metabolismo. Cada célula posee varios miles de clases de proteínas para cumplir esta diversidad de funciones.

Como ya hemos mencionado, las enzimas son catalizadores específicos. La catálisis enzimática es el proceso por el cual se aumenta o disminuye la velocidad de una reacción química, debido a la participación de moléculas que no se alteran en el curso de la reacción. Estas moléculas son las enzimas. La catálisis es esencial para hacer que muchas reacciones bioquímicas se produzcan a una velocidad adecuada. Por ello, estas proteínas son críticas para la regulación de la química interna de las células o metabolismo celular y, en consecuencia, son esenciales para los seres vivos.

Las cianobacterias como modelo de estudio

Los organismos más abundantes del planeta son las bacterias. Son microorganismos unicelulares procariotas, por lo que, a diferencia de las células eucariotas (de hongos, plantas, animales, etc), carecen de núcleo definido. Generalmente presentan una pared celular compuesta de peptidoglicano y, en función de ésta, pueden agruparse en bacterias *Gram-positivas* o *Gram-negativas*. Las bacterias *Gram-positivas* tienen una pared celular gruesa que contiene numerosas capas de peptidoglicano en las que se inserta un polialcohol denominado ácido teicoico. En cambio, las bacterias *Gram-negativas* tienen una pared relativamente fina, consistente en unas pocas capas de peptidoglicano, rodeada por una segunda membrana lipídica (la membrana externa), que contiene lipopolisacáridos y lipoproteínas.

Las cianobacterias son bacterias *Gram-negativas* capaces de realizar fotosíntesis oxigénica similar a la que realizan las plantas y las algas. Esta propiedad las hace únicas dentro de los procariotas. Las cianobacterias han jugado un papel crucial para la evolución del planeta por dos motivos. Primero, son responsables del cambio de la atmósfera de reductora a oxidante y de la aparición de la capa de ozono. En segundo lugar, a partir de ellas y mediante un proceso de endosimbiosis han aparecido los plastos. Los plastos son orgánulos que se encuentran en las células de plantas y algas, y en ellos (más concretamente en los cloroplastos) tiene lugar la fotosíntesis.

Las cianobacterias pueden presentar diversos tipos morfológicos: unicelulares en forma de esferas (cocos), agregadas o incluso formando filamentos (Figura 2). Algunas de estas bacterias son capaces de desarrollar células especializadas como los heterocistos para la fijación de nitrógeno atmosférico (flechas en la figura 2C) o acinetos como sistema de resistencia a condiciones desfavorables.

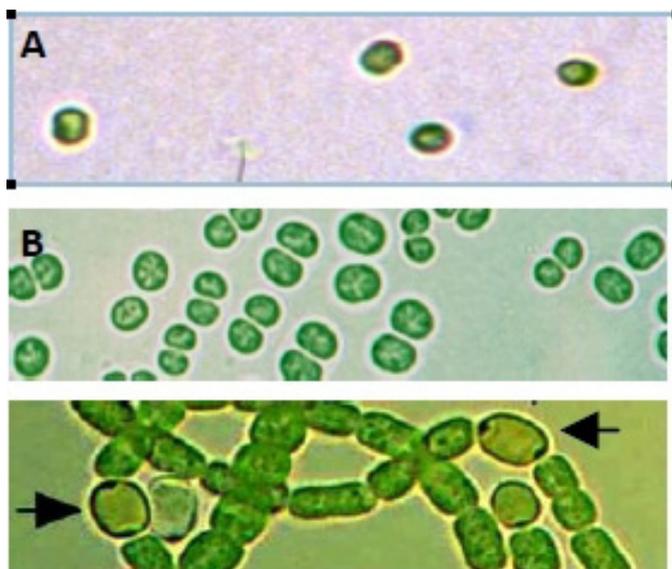


Fig. 2. Micrografías al microscopio óptico de cianobacterias con distintas morfologías: A, unicelular (*Synechocystis*), B, formando parejas de células (*Cyanothece*) y C, filamentosa (*Anabaena*). Las flechas indican células diferenciadas llamadas heterocistos.

Las cianobacterias son microorganismos modelo para el estudio de la fotosíntesis, la evolución de los plastos, la adaptabilidad a diferentes condiciones de estrés medioambiental y el estudio de la asimilación de carbono y nitrógeno. *Synechocystis* sp. PCC 6803 es una de las cianobacterias más ampliamente estudiada por su fácil cultivo y manejo en el laboratorio (Figura 2A). Una de las características más apreciadas de esta cianobacteria es su capacidad natural para incorporar ADN exógeno a su cromosoma, lo que facilita la generación de mutantes. Además, su aparato fotosintético es muy parecido al que presentan las plantas y su genoma está completamente secuenciado.

Metabolismo del nitrógeno: la glutamina sintetasa

El metabolismo del nitrógeno en cianobacterias comienza con el transporte de diversos compuestos nitrogenados al interior celular. Dicho transporte se lleva a cabo por transportadores específicos o por difusión a través de las membranas. Una vez en el interior celular, estos compuestos son reducidos hasta amonio. El amonio se incorpora a los esqueletos de carbono a través de la acción secuencial de dos enzimas. En primer lugar, la glutamina sintetasa cataliza la síntesis de glutamina a partir de glutamato y amonio, en una reacción que depende de la presencia de Mn^{+2} o Mg^{+2} y gasto de energía (ATP). En segundo lugar, la glutamato sintasa o GOGAT cataliza la transferencia del nitrógeno de la glutamina a una molécula de 2-oxoglutarato que proviene del ciclo de Krebs, generando dos moléculas de glutamato. Esta ruta se denomina ciclo GS-GOGAT (Figura 3).

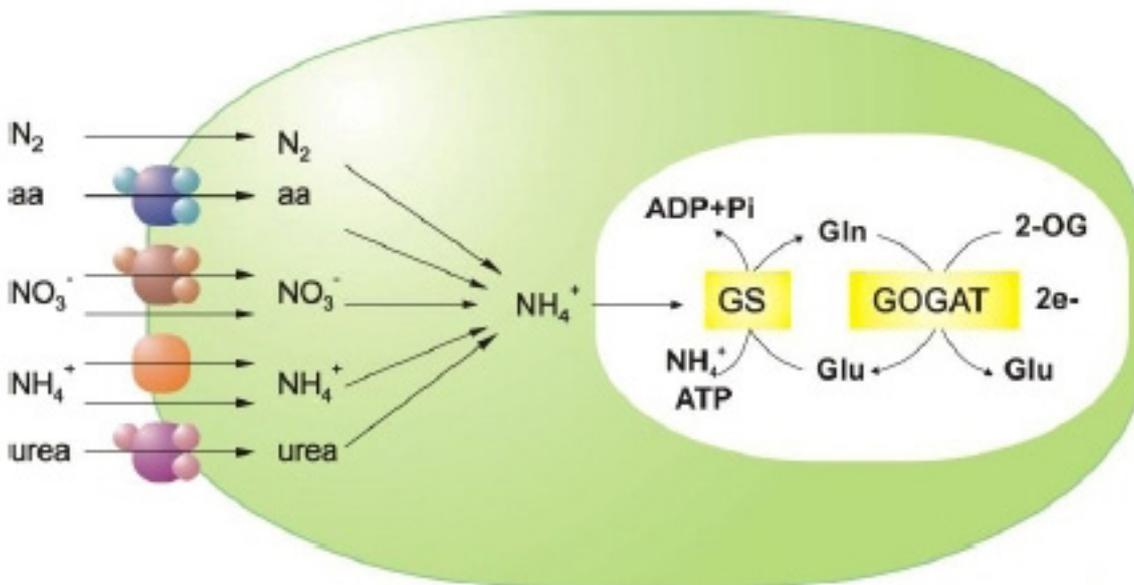


Fig. 3. Ciclo GS-GOGAT.

Regulación de la glutamina sintetasa: interacción entre proteínas

Puesto que a través del 2-oxoglutarato se conectan el metabolismo del carbono (ciclo de Krebs) y el del nitrógeno (ciclo GS-GOGAT), existe un amplio y elaborado sistema de regulación que se focaliza principalmente en el control de la glutamina sintetasa (GS). Es importante destacar la complejidad de esta enzima a nivel estructural. La GS está formada en su estructura cuaternaria por 12 subunidades organizadas en dos anillos hexaméricos superpuestos (Figura 4A). Puesto que cada subunidad se forma a partir de la misma cadena peptídica, la GS se considera un homo-dodecámero. El sitio activo se encuentra entre cada dos subunidades dentro de un mismo anillo, lo que implica que cada enzima consta de 12 sitios activos. Durante la catálisis, los sitios activos contienen una molécula de ATP, uno o varios iones Mg^{+2} o Mn^{+2} , una molécula de amonio y el sustrato de la reacción (glutamato).

Con objeto de evitar la pérdida de energía en reacciones que no son necesarias en ciertos momentos del crecimiento, los organismos han desarrollado sistemas de regulación del metabolismo. En cianobacterias, la regulación del metabolismo del nitrógeno se basa fundamentalmente en el control de la actividad enzimática de la GS. A diferencia de lo que ocurre en otras bacterias, la regulación de dicha actividad ocurre mediante la interacción de esta enzima con dos proteínas de pequeño tamaño denominadas Factores Inactivantes (IFs). En *Synechocystis* existen dos tipos de IFs: IF7 e IF17. Ambos interaccionan de forma específica con la GS cuando hay un aumento de nitrógeno en el medio, lo que provoca su inactivación (Figura 4B). Este fenómeno es reversible, cuando disminuye el nitrógeno en el medio, los factores inactivantes se separan y se degradan. En consecuencia, la GS se reactiva. Así, la célula no despilfarra energía (ATP) en incorporar nitrógeno al metabolismo a una tasa superior a la necesaria.

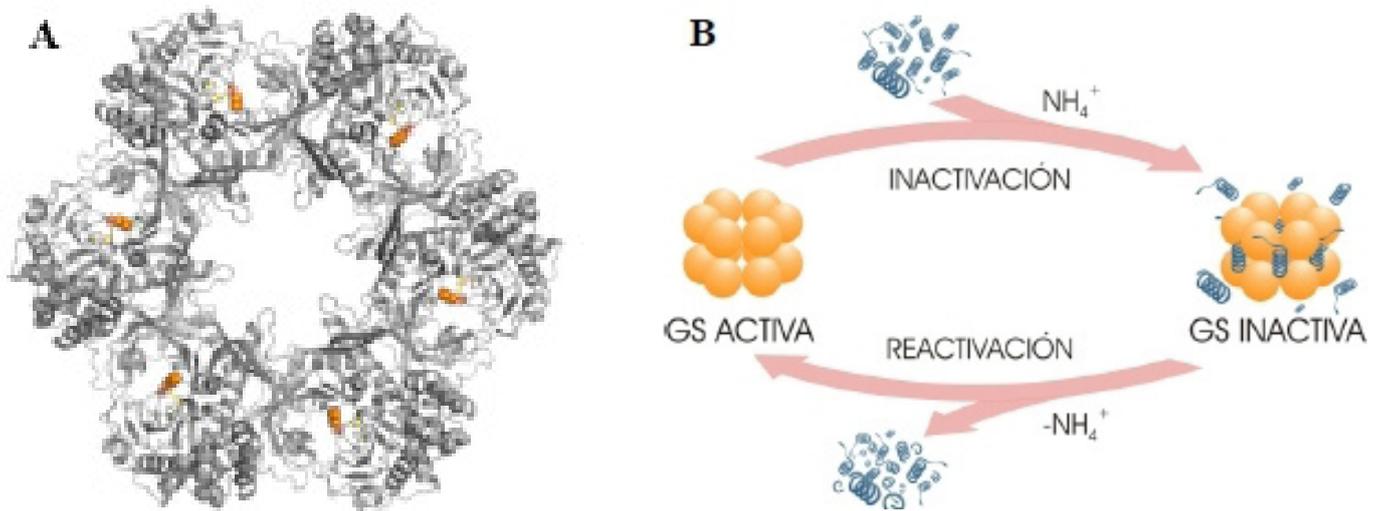


Fig. 4. A) Vista superior de uno de los dos anillos que forman la glutamina sintetasa de *Synechocystis*. B) Esquema del modelo de regulación de la GS. Los muelles representan los Factores Inactivantes.

Conclusiones:

Los seres vivos necesitan regular la asimilación de compuestos para que el metabolismo sea óptimo. Es por ello que se han desarrollado diversos sistemas de regulación que modifican la actividad de ciertas enzimas, para evitar pérdida energética. En el caso de la glutamina sintetasa, la interacción de ésta con dos proteínas de pequeño tamaño supone su inactivación, modulando la asimilación de nitrógeno y modificando por tanto el metabolismo celular.

Para saber más:

<http://www-cyanosite.bio.purdue.edu/>

<http://www.ucmp.berkeley.edu/bacteria/cyanointro.html>

<http://www.whatislife.com/reader2/Metabolism/pathway/nitrogen.html>

<http://www.ibvf.csic.es/Expresion%20Genica.htm>

INSTITUTO DE CIENCIA DE
MATERIALES DE SEVILLA

Un viaje por el nanomundo y los nanomateriales a través del microscopio electrónico

GISELA M. ARZAC, M^a CARMEN JIMÉNEZ DE HARO Y ASUNCIÓN FERNÁNDEZ

Resumen:

En este artículo, el microscopio electrónico nos abrirá las puertas del nanomundo y su relación con los trabajos que realizamos los científicos que investigamos en el ámbito de la Ciencia de los Materiales. Para ello, haremos un esbozo de lo que es un microscopio electrónico y su relación con su pariente, el microscopio óptico. Luego hablaremos de la nanotecnología, el nanomundo y la nanoescala, y su relación con problemas científicos. Explicaremos cómo funciona un microscopio electrónico y cómo facilita el estudio de casos científicos tanto en ciencias de la vida como en ciencia de materiales. Por último, os contaremos parte del trabajo que realizamos en el Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla, y cómo la microscopía electrónica nos ayuda a comprender ciertos materiales y, por supuesto, a buscar la manera de mejorarlos.

Introducción: una herramienta con historia

El interés por revelar el mundo compuesto por aquello que no se puede ver a simple vista data de la época antigua y siempre ha estado ligado con la construcción de instrumentos o herramientas. La palabra “microscopio” deriva del griego y significa “para ver lo pequeño”.

Si pudieses desarmar un microscopio óptico (tal vez tengas uno en tu casa; si no lo tienes, puedes verlo en la imagen 1), verías que está formado por lentes. Las lentes se llaman así por tener forma de lentejas y están construidas con una geometría y un material que les da la capacidad de alterar o manipular la trayectoria de la luz de manera que se pueda formar una imagen definida (enfocada) y suficientemente grande (magnificada) de aquello que a simple vista no podemos ver. El microscopio óptico se llama así porque opera con luz visible y con lentes de cristal y permitía, allá por los años 1930, alcanzar una magnificación máxima de 1000x, lo que quiere decir que podía ampliar una imagen sólo 1000 veces (hoy día puede ser mejorada con algunos trucos, como lentes mejor construidas).

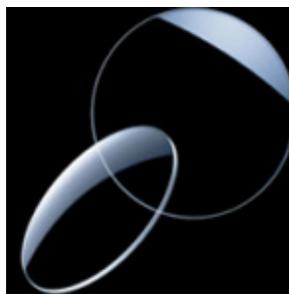


Fig. 1. Fotografías de un microscopio óptico (izquierda) y de unas lentes ópticas (derecha).

Sin embargo, por esos años los científicos no se conformaban con la magnificación que les ofrecía el microscopio óptico. Tenían altísimo interés en conocer y llegar a ver detalles más pequeños dentro de la materia, ver el interior de las células, o incluso ver la disposición de los átomos que constituyen los materiales. Para ello necesitaban no sólo conseguir mayor ampliación, sino además usar otra fuente de luz que permitiera ver esos pequeños detalles. A la distancia que puede distinguirse con un microscopio entre dos objetos o detalles se le conoce como poder de resolución, y este parámetro depende de la luz con la que iluminemos los objetos. Para resolver esta limitación, Ernst Ruska y Max Knoll construyeron en 1931 el primer microscopio electrónico de transmisión y desde entonces los científicos, ingenieros y técnicos... no han parado de mejorarlo.

¿Cómo funciona el Microscopio electrónico?

El microscopio electrónico no opera con luz visible, sino como lo sugiere el nombre, con electrones. Dentro de la columna de un microscopio electrónico, los electrones viajan a una velocidad cercana a la de la luz (¡unos 23.0000 km por segundo!), e inciden sobre el objeto (la “muestra”), convirtiéndose en una fuente de luz, con un gran poder de resolución, del orden de 1nm (¡0.000000001m!), lo que nos permite adentrarnos hasta niveles insospechables dentro de la materia. Su funcionamiento se puede explicar perfectamente si se piensa en los electrones como una onda electromagnética (al igual que la luz visible) y se “manipula” su trayectoria con lentes electromagnéticas. Estas lentes ya no son de cristal, sino que son piezas de hierro que generan un campo magnético que permite mover y dirigir a los electrones hacia la muestra (puedes ver una lente electromagnética en la imagen 2).

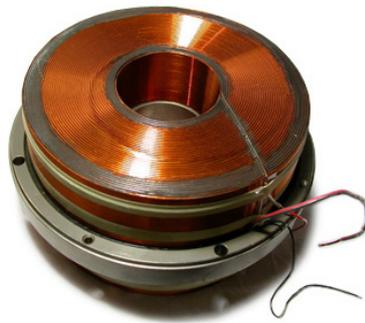


Fig. 2. Fotografía de un Microscopio electrónico de transmisión (izquierda) y ejemplo de una lente electromagnética (derecha).

Como los electrones no se pueden ver con el ojo humano, se requiere la utilización de pantallas fluorescentes, que emiten luz visible cuando el electrón las golpea, o dispositivos electrónicos que transforman la señal del electrón en una imagen que resulta visible en una pantalla de TV. ¡Esto no debería resultarte extraño, ya que la TV de tu propia casa también funciona con electrones!

Estos microscopios electrónicos ocupan una habitación entera (mira la imagen 2) y requieren que las personas que lo utilizan estén muy preparadas y que sean muy cuidadosas. Microscopios como estos no se pueden tener en tu casa como los ópticos, no sólo por cuestiones de tamaño, ¡sino porque también se necesita mucho dinero para comprarlo y mantenerlo!

Microscopio electrónico: una puerta hacia el nanomundo

Ya te hemos contado que los microscopios electrónicos permiten obtener imágenes de cosas muy pequeñas, que no se pueden ver con un microscopio óptico. Típicamente se pueden ver cosas que se encuentran en la nanoescala. Seguramente ya has oído alguna vez términos como nanotecnología, nanomedicina, nanoescala, etc. El nanomundo o la nanoescala es el mundo de aquellas cosas que tienen un tamaño que no supera los 100nm (¡0.0000001m!). En el nanomundo residen muchísimas entidades que interesan a los estudiosos tanto de las ciencias de la vida como, los virus, bacterias, componentes celulares y proteínas, como de la ciencia de los materiales: catalizadores, recubrimientos, dispositivos micro-electrónicos ó transistores.

Qué se puede hacer con un microscopio electrónico cuando se investiga en Ciencia de Materiales

En Ciencia de Materiales muchas veces interesa obtener un material nuevo que sea mejor en uno o varios aspectos que el que se utiliza normalmente para cumplir una determinada función. Muchas veces, para poder

imaginarse cómo sería ese nuevo material, se necesita conocer en profundidad una serie de características del viejo material que lo hacen comportarse de tal o cual manera. Gran parte de esta información se puede obtener mediante microscopía electrónica con muy poca cantidad de material, y muchas veces sin demasiada preparación. En la imagen 3 hemos dibujado el haz de electrones que llega a la muestra y algunos de los eventos principales que ocurren luego. Cuando se forman imágenes ampliadas utilizando los electrones transmitidos, da lugar a la Microscopía Electrónica de Transmisión (MET). Cuando se utilizan los electrones “rebotados” por la muestra, da lugar a la Microscopía Electrónica de Barrido (MEB). A su vez, las ondas electrónicas pueden dar interferencias (que llamamos “difracción”) y si los componentes de la muestra están ordenados o no. Dado que los electrones que llegan a la muestra están acelerados a tan altas velocidades, tienen mucha energía y pueden arrancar electrones de los átomos en la muestra. El estudio de la pérdida de energía de los electrones al atravesar la muestra y de la emisión de rayos X que se produce en el material permiten determinar la composición y estado químico de los elementos en la muestra en la escala microscópica y hoy día en áreas más pequeñas que 1 nm.

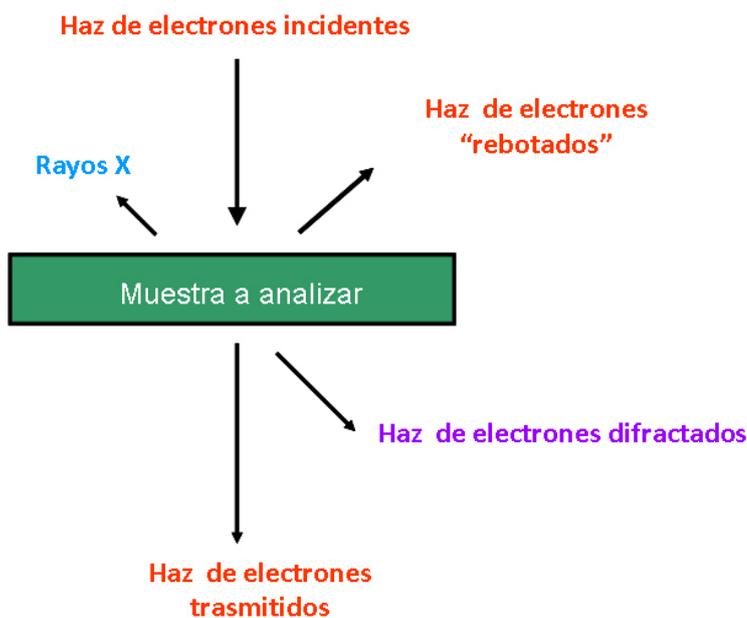


Fig. 3. Esquema de cómo interaccionan los electrones con la muestra.

En el Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla investigamos para desarrollar toda la potencialidad del microscopio electrónico de transmisión como una multi-herramienta que nos permite desvelar la microestructura y la composición química de un material en la nanoescala. Vamos a ilustrarlo con algunos ejemplos:

- Un catalizador más barato para producir hidrógeno

La aplicación masiva de energías renovables requiere un vector de transporte y almacenamiento de energía y una alternativa a las baterías es el hidrógeno. Los mejores catalizadores en las reacciones de generación de hidrógeno están formados por pequeños cristales (nanopartículas) de metales nobles o escasos (muy caros también) como platino, rutenio o paladio. En la imagen 4 puedes ver un catalizador alternativo combinando en la nano-escala un metal más abundante y barato como el cobalto y un metaloide como el boro.

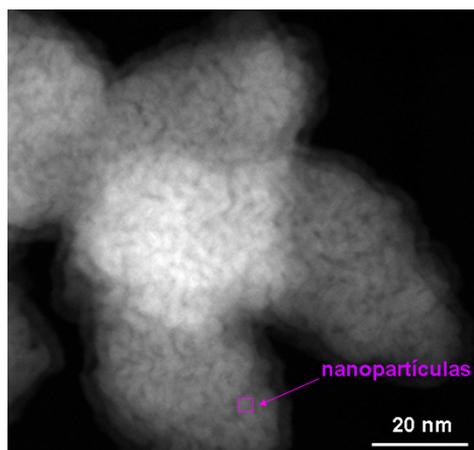


Fig. 4. Micrografía de un catalizador para la producción de hidrógeno basado en nanopartículas.

- Estructuras nanoporosas a la carta

Recientemente hemos desarrollado y patentado un método para fabricar estructuras nanoporosas que podemos controlar como queramos. En la imagen 5 puedes ver una capa de oxinitruro de silicio (un componente para microelectrónica) de manera que introduciendo nanoburbujas podemos controlar a medida las propiedades ópticas y eléctricas del material. Estas nanoburbujas están llenas de nitrógeno y esto podemos saberlo gracias al microscopio electrónico.

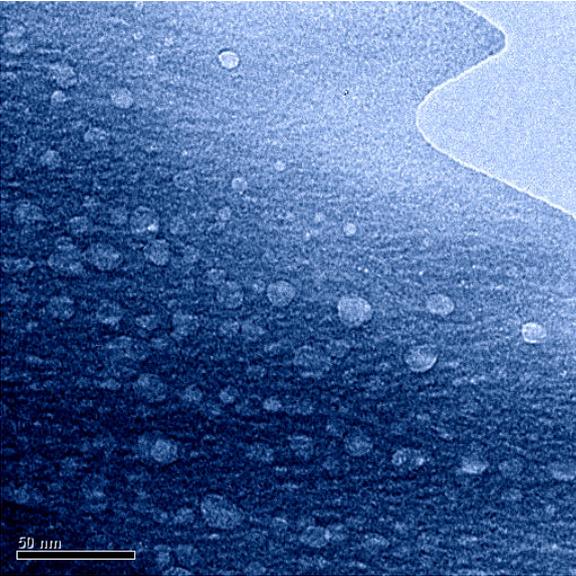


Fig. 4. “Estructuras nanoporosas a la carta”. Micrografía de un material que contiene Nanoburbujas capaces de cambiar sus propiedades.

Conclusiones:

La microscopía electrónica es una multi-herramienta que permite resolver problemas en varios campos de la ciencia. En particular, en Ciencia de Materiales podemos obtener variada y valiosa información de los materiales en la nanoescala. Esa información es utilizada por los científicos para desarrollar nuevos materiales o simplemente mejorar los conocidos.

Bibliografía que consultamos para preparar este artículo:

- Z.L. Wang: *New Developments in Transmission Electron Microscopy for Nanotechnology*, *Advanced Materials*, 2003, 18, 1497.
- J.J. Fernández, J.M. Valpuesta, Single Particle EM, En: *Encyclopedia of Life Sciences (ELS)*. John Wiley and Sonds, Ltd: Chichester.

Para saber más:

Si te interesa experimentar con un microscopio electrónico virtual:

www.discoveryeducation.com/teachers/free-lesson-plans/virtual-electron-microscope.cfm

Para darte una idea de lo que es la nanoescala en relación a objetos conocidos:

learn.genetics.utah.edu/content/begin/cells/scale/

Para consultar un atlas de muestras biológicas vistas al microscopio electrónico:

www.uni-mainz.de/FB/Medizin/Anatomie/workshop/EM/EMEuchromatinE.html

Redescubriendo el oro: nuevas aplicaciones en el siglo XXI

MIGUEL ÁNGEL CENTENO GALLEGO

Resumen:

El oro es un material de sobra conocido y usado desde los albores de la humanidad. Está considerado como uno de los metales más preciosos del mundo dada su escasez, belleza e inalterabilidad, que se manifiesta en su alta resistencia a la oxidación en condiciones atmosféricas. Por todo ello, se ha usado como símbolo de riqueza a lo largo de los tiempos, principalmente en obras de arte, joyería, odontología, etc. Sin embargo, en los últimos años, el rango de aplicabilidad del oro se ha ampliado enormemente y, cada vez más, se usa en procesos esenciales para la vida moderna. Una buena parte de estas aplicaciones se basan en las propiedades que presentan las nanopartículas de oro. Esta charla se centrará en una de estas nuevas aplicaciones en las cuales el oro se muestra como un material esencial en la ciencia del siglo XXI: la catálisis.

Introducción

La catálisis es el proceso por el cual se aumenta o disminuye la velocidad de una reacción química. La sustancia responsable del proceso catalítico se denomina catalizador. Cuando el catalizador está en una fase distinta de la de los reactivos y/o productos de reacción, la catálisis se denomina heterogénea. La catálisis heterogénea está implicada de forma relevante en la mayoría de los procesos industriales y de descontaminación del medioambiente, permitiendo obtener los productos más eficientemente con un menor consumo energético y generando menos subproductos.

A pesar de que diversos autores habían puesto de manifiesto las posibles propiedades catalíticas del oro, éste era considerado hasta hace muy pocos años como un material, catalíticamente hablando, inerte. El descubrimiento del Profesor Haruta en los años ochenta del pasado siglo XX acerca de las altísimas prestaciones catalíticas de las partículas de oro extremadamente pequeñas (en el rango de los nanómetros) soportadas en un sólido adecuado en reacciones de oxidación a muy baja temperatura, cambió la visión de este metal noble, convirtiéndose en uno de los más fascinantes hitos en la historia de la catálisis y abriendo todo un nuevo campo a los científicos actuales para el diseño de nuevos catalizadores.

¿Por qué son tan activas las nanopartículas de oro en catálisis? ¿El tamaño importa?

Algunas de las claves del porqué de esta alta actividad mostrada por las nanopartículas de oro soportadas tiene que ver con la mayor superficie de contacto e interacción entre el oro y el soporte, dado que la catálisis heterogénea es un fenómeno de superficie, así como con los otros beneficios de la nanoescala, tales como la mayor relación superficie-volumen, la presencia de sitios de baja coordinación, etc.

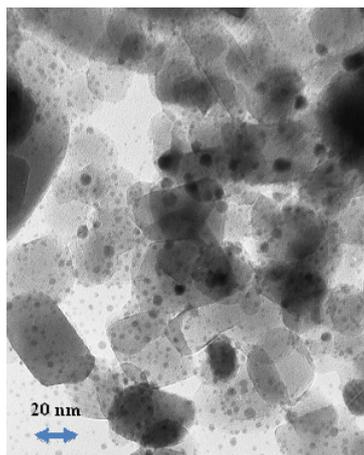


Fig. 1. Nanopartículas de oro soportadas en TiO₂.

¿Es fácil obtener nanopartículas de oro? ¿Cómo sabemos si las tenemos?

Para la obtención de catalizadores activos se requiere el uso de métodos de preparación específicos que consigan estabilizar estas pequeñas partículas de oro en la superficie del sólido usado como soporte evitando su aglomeración antes, durante o después de la reacción catalítica. El método y las condiciones de síntesis adecuadas (pH, temperatura, concentración, etc.) son funciones del propio soporte y determinan el tamaño final de las nanopartículas de oro.

La comprobación del éxito de la síntesis es imprescindible. Esto se consigue aplicando técnicas de caracterización que sean capaces de poner en evidencia cuáles son estos tamaños de partículas (microscopía electrónica de transmisión, difracción de rayos X, etc.). Pero no hace falta usar medios tan sofisticados, ya que la mera observación del color mostrado por los catalizadores de oro es una indicación del tamaño de las partículas del metal. Esto es debido a que cuando la dimensión de la partícula es muy reducida, la luz es capaz de penetrarla totalmente haciendo que los electrones se muevan colectivamente de forma oscilatoria. Para cada tamaño de nanopartícula hay un determinado tamaño de longitud de onda de la luz que potencia este movimiento. La adsorción de esta longitud de onda genera que veamos la partícula del color de la longitud de onda que queda. Así, cuanto más pequeñas sean las nanopartículas, más rojizas las veremos, dado que adsorben luz de longitud de onda cada vez más pequeñas (azul), llegando a nuestros ojos el resto (rojo).

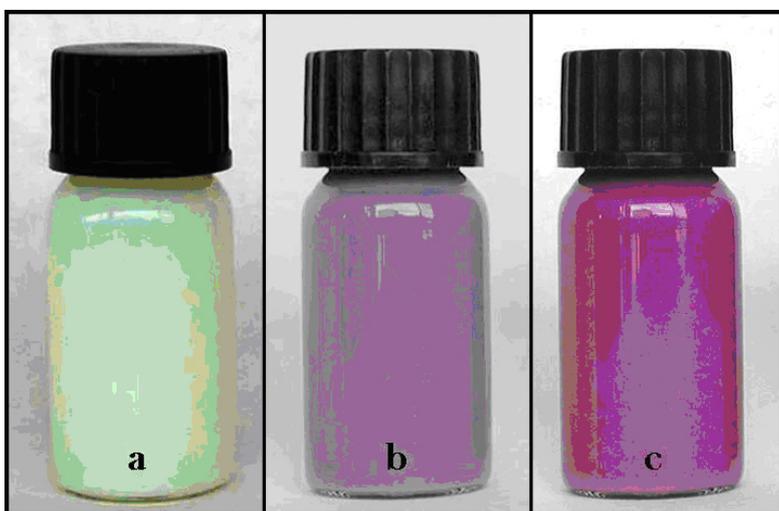


Fig. 2. Los catalizadores de oro soportados presentan distintos colores en función del soporte y del tamaño de las nanopartículas. a) Suspensión de CeO_2 ; b) Suspensión de 0,1% en peso Au/CeO_2 ; c) Suspensión de 1% en peso Au/CeO_2 .

¿Sólo el tamaño es importante?

Pero no sólo el tamaño de partícula de oro determina la actividad del sólido. También la naturaleza del material en el que se soporta juega un papel determinante, bien por sus propiedades intrínsecas, bien por el tipo de interacción oro-soporte que se genera. Así, los óxidos de metales de transición reducibles, tales como CeO_2 , TiO_2 , FeOx , CoOx , etc., se han mostrado como los más adecuados, dada su capacidad para activar el oxígeno, reactivo necesario en reacciones de oxidación.

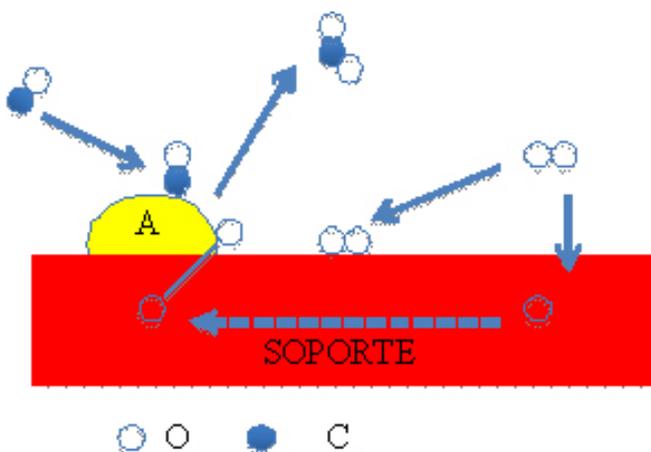


Fig. 3. Esquema simplificado del mecanismo de reacción de la oxidación de CO sobre catalizadores de Au.

¿En qué reacciones catalíticas se han mostrado activas?

Las primeras aplicaciones de las propiedades catalíticas del oro en la industria fueron en el sector de la instrumentación analítica, sobre todo como sensores de gases. Posteriormente, el campo se ha ampliado enormemente. Entre las reacciones químicas en las que las nanopartículas de oro han demostrado ser eficientes catalizadores destacan algunas con un claro interés medioambiental y energético, tales como las reacciones de purificación de corrientes de H₂, la reacción de oxidación de CO y compuestos orgánicos volátiles, y las reacciones de química fina. Estas reacciones son de vital trascendencia en la ciencia del siglo XXI, dado el previsible agotamiento de las reservas de petróleo y el alarmante aumento de los efectos nocivos de la contaminación ambiental (efecto invernadero, etc.) que obliga a la búsqueda de procesos de generación de energía eficientes y respetuosos con el medio ambiente, donde el uso de H₂ como vector energético es una prometedora solución, y a la limpieza de las emisiones contaminantes (emisiones de vehículos e industrias) y de ambientes cerrados. Las ventajas que ofrece el oro como catalizador frente a otros materiales como platino o paladio radica en su mayor actividad a bajas temperaturas, lo que repercute en un menor gasto energético y, por tanto, en el ahorro económico en los costes de producción del proceso industrial y/o de limpieza.

Conclusiones:

Hasta hace unos pocos años la comunidad científica consideraba el oro como un material con una naturaleza química inerte, lo que limitaba el interés de su uso en aplicaciones comerciales. Sin embargo, la revelación de sus sorprendentes altas prestaciones catalíticas, específicamente en reacciones de oxidación a bajas temperaturas a finales del siglo XX, ha abierto un gran número de desarrollos y nuevas aplicaciones industriales en el siglo XXI, especialmente en campos tan importantes para la sostenibilidad como el control de las emisiones, la producción energética, la química industrial o la biotecnología.

Para saber más:

- 1.- <http://www.gold.org/>
- 2.- www.kimobservatory.com/pdf/Oro_catal_Analysys.pdf
- 3.- *Catalysis: A Golden Future*, G J Hutchings, Gold Bull, 1996, 29, 123.
- 4.- *Catalysis by Gold*, GC Bond, C Louis and DTThompson, Imperial College Press, London, 2006.
- 5.- *Gold as a Novel Catalyst in the 21st Century: Preparation, Working Mechanism and Applications* goldbulletin 2004 37 27-36.
- 6.- *Catalysis by Gold*, GC Bond and DT Thompson, CatRev - SciEng, 1999, 41, 319.

Los plásticos: ¿Atentado al medio ambiente?

JUAN CÁMPORA PÉREZ

Resumen:

Los plásticos son materiales orgánicos de origen sintético. Están formados por grandes moléculas (polímeros), que a su vez están compuestas por unidades pequeñas que se enlazan unas con otras como las perlas en un collar. Los grandes avances de la tecnología química experimentados sobre todo a lo largo del pasado siglo han hecho de los plásticos materiales sumamente versátiles y económicos, contribuyendo de forma decisiva a poner numerosos bienes de consumo al alcance de la mayoría. A pesar de ello, los plásticos tienen para muchas personas una imagen negativa. Este artículo pretende mostrar cómo estos materiales reducen el impacto de las actividades humanas en el medio ambiente, y contribuyen a la sostenibilidad de las sociedades desarrolladas.

Introducción:

Los plásticos constituyen uno de los elementos más característicos del mundo en que vivimos y nos facilitan el acceso numerosos bienes que, no hace mucho tiempo, eran desconocidos o estaban sólo al alcance de unos pocos. Pero, al mismo tiempo, estos materiales tan útiles tienen una imagen negativa. Para muchas personas, los plásticos se asocian a los restos de basura que pueblan las cunetas de las carreteras, ensucian los campos o flotan en las aguas, como espectros que regresan para recordar que los bienes que recibimos de la tecnología exigen un precio que no todo el mundo está dispuesto a pagar. Además, los plásticos parecen a veces sucedáneos un tanto innobles de materiales tradicionales que se juzgan más limpios, más resistentes o simplemente más bellos.

Hemos de reconocer que con frecuencia desconocemos las claves que nos permiten formarnos una opinión acerca de temas complejos, como éste que nos ocupa. ¿Merece la pena el precio que, parece ser, tenemos que pagar por el uso de los plásticos, que nos permiten disponer de multitud de bienes de consumo a un costo asequible? ¿O sería mejor renunciar a ellos y aprender de nuevo a vivir como lo hacíamos antes de que aparecieran? Y, en ese caso, ¿sería esto posible? Estas líneas tienen por objeto proporcionar algunos datos básicos acerca de los plásticos, y quizá con ello mejorar la opinión que el lector se haya podido formar acerca de ellos, y del papel que desempeñan en el mundo moderno.

Contenidos:

¿Sabemos a qué nos referimos cuando usamos el término general “plástico”? El diccionario de la RAE nos indica que el término “plástico” es un adjetivo, que se refiere a la capacidad de ciertos materiales para tomar forma de manera permanente cuando sobre ellos se ejerce una fuerza. Cuando el cambio inducido no es permanente, se dice que el material es “elástico”. Sin duda, la plasticidad es una propiedad importante de muchos materiales, pero la acepción que usamos aquí para la palabra “plástico” es más amplia, porque también la usamos como sustantivo, para referirnos a un grupo de materiales. De manera un tanto paradójica, algunos de esos materiales que llamamos “plásticos” presentan un comportamiento rígido, o incluso elástico, como es el caso de las gomas. A lo que nos queremos referir en realidad cuando hablamos de los plásticos, es a las ciertas sustancias de naturaleza orgánica (es decir, que están compuestas principalmente por carbono e hidrógeno), cuyas propiedades las hacen aptas para su uso como materiales para la fabricación de objetos. Por descontado, la humanidad usó materiales orgánicos de origen natural en la manufactura de objetos mucho antes de que aparecieran los plásticos. Estos materiales son la madera, la piel, y las fibras de origen animal (lana, seda, pelo, tendones...) o vegetal (lino, algodón, cáñamo, yute...), así como ciertas resinas y lacas. Algunos de estos materiales pueden ser moldeados, pero no los consideramos “plásticos”, ya que este término se reserva para los que son de origen artificial.

Los materiales orgánicos a los que nos hemos referido, tanto los artificiales como los de origen natural, están constituidos por grandes moléculas, que contienen miles o millones de átomos. Hoy llamamos a estas grandes moléculas “polímeros”, un neologismo que contiene la partícula griega *poli* (“muchos”), e indica que están formados por otras unidades moleculares más pequeñas, a las que llamamos “monómeros” (mono = uno). Los monómeros vienen a ser como los ladrillos a partir de los cuales se forman los polímeros.

Las propiedades de los polímeros se diferencian claramente de las sustancias orgánicas sencillas, como el azúcar, los colorantes, o los medicamentos, cuyas moléculas son relativamente pequeñas y contienen, como mucho, algunas decenas o cientos de átomos. A finales del siglo XIX se conocía bastante bien la estructura de muchos de estos compuestos sencillos, pero la constitución de los materiales orgánicos complejos como la celulosa, el almidón o las proteínas era un misterio. No fue hasta el año 1922 que el químico alemán Hermann Staudinger propuso que las moléculas de los polímeros se asemejan a un collar de perlas, en el que sus unidades constituyentes, los monómeros, se unen entre sí por medio de enlaces químicos covalentes. Staudinger acuñó el término macromolécula (macro = grande), para indicar que los polímeros no difieren en lo esencial de las moléculas más pequeñas de la química orgánica, porque los enlaces que mantienen unidos los monómeros entre sí son enlaces químicos ordinarios. Esta idea no tuvo un éxito inmediato, sino que tropezó con la oposición de numerosos químicos relevantes de la época. Sin embargo, con el advenimiento de nuevas técnicas adecuadas para el estudio de las macromoléculas, las ideas de Staudinger fueron abriéndose paso de forma gradual, hasta su aceptación definitiva en la década siguiente.

Casi siempre ocurre que los avances tecnológicos preceden con mucho la aparición de las ideas científicas que permiten explicarlos. Esto fue así también en el caso de los plásticos. Al principio, los “plásticos” no eran enteramente artificiales, sino que provenían de la alteración de materias naturales. El primero de ellos fue el caucho, que se obtiene a partir de la savia o látex que secreta el árbol *hevea brasiliensis*. Los nativos americanos obtenían al calentar esta savia un sólido gomoso con el que fabricaban diversos objetos, por ejemplo las pelotas que usaban en sus juegos. En 1839, Charles Goodyear, un comerciante e inventor norteamericano, descubrió de manera accidental el vulcanizado, un proceso que permite transformar la goma natural en el material elástico que hoy nos es familiar. A lo largo del siglo XIX se crearon otros materiales a partir de polímeros de origen natural. Uno de ellos es el celuloide, que se obtiene de la celulosa contenida en el algodón. Antes de encontrar uso en las películas de cine, el celuloide fue usado como sustituto del marfil, para la fabricación de objetos tales como las bolas de billar. De este modo, este plástico contribuyó a salvar los elefantes del terrible comercio del marfil, que casi precipitó su extinción.

Los primeros plásticos totalmente sintéticos no se inventaron hasta bien entrado el siglo XX. El primero fue la baquelita, descubierto por el americano de origen belga Leo Bakeland. La baquelita marcó toda una época ya que con ella se fabricaron los primeros dispositivos eléctricos de consumo: los teléfonos y las radios. Las dos guerras mundiales tuvieron mucho que ver con el desarrollo de los plásticos modernos. El bloqueo de los suministros de polímeros naturales como el caucho o la seda durante la Gran Guerra fueron la causa de grandes tensiones económicas, y fue necesario sustituir esas sustancias por productos sintéticos. La historia del Nylon representa un ejemplo muy significativo. En 1928, la compañía americana DuPont contrató a Wallace Carothers, un brillante químico procedente de la Universidad de Harvard, para que encontrase un sucedáneo sintético de la seda. Era la primera vez que se planteaba el desarrollo de un material artificial de diseño, es decir, cuyas propiedades debían ajustarse a la función deseada. En 1934, tras seis años de laboriosa investigación por parte del equipo de Carothers, se logró un nuevo material orgánico que, al ser extraído de la punta de una jeringa, formaba finas hebras que eran brillantes y sorprendentemente resistentes: era el Nylon. Al estallar la II Guerra Mundial, este polímero se convirtió en un secreto militar, ya que con él se confeccionaban, entre otros objetos, los paracaídas del ejército norteamericano. Sin embargo, tras su lanzamiento comercial en 1940, su éxito fue impresionante. La demanda de textiles fabricados de este polímero superó con creces la producción, provocando incluso disturbios entre los clientes que no podían obtenerlos.

Durante los años centrales del siglo XX tuvo lugar uno de los descubrimientos más importantes para la moderna industria de los plásticos. Una de las moléculas orgánicas más sencillas es el etileno, que consiste en dos fragmentos CH_2 unidos a través de un enlace doble: $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$. Este enlace doble se puede romper, y cuando

esto ocurre, las unidades de etileno se unen unas a otras formando largas cadenas en las que se suceden unidades $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ (ver Figura 1). El material que resulta lo encontramos hoy por todas partes, es el polietileno. Sin embargo, el proceso de polimerización del etileno sólo ocurre de manera espontánea bajo condiciones de presión y temperatura extremas.

Hacia 1953, el químico alemán Kart Ziegler descubrió una sustancia capaz de catalizar la polimerización del etileno y de otras pequeñas moléculas orgánicas relacionadas, de manera que este proceso tiene lugar a la presión y temperatura ambientales. Los catalizadores de polimerización no sólo permiten una gran economía en cuanto a la energía que se consume en la producción de plásticos, sino que permiten un control mucho mejor de sus propiedades. Podemos ver estos catalizadores como pequeñas máquinas que tejen las moléculas de polímero, engarzando los monómeros uno tras otro. De este modo se forman moléculas cuya forma y tamaño se encuentra muy bien definida. A través del diseño de los catalizadores, se obtiene una gran variedad de polímeros a partir de solo unos cuantos tipos de monómeros, como el etileno. Esos polímeros presentan un extenso catálogo de propiedades muy extenso, que se adaptan perfectamente a sus diferentes aplicaciones.

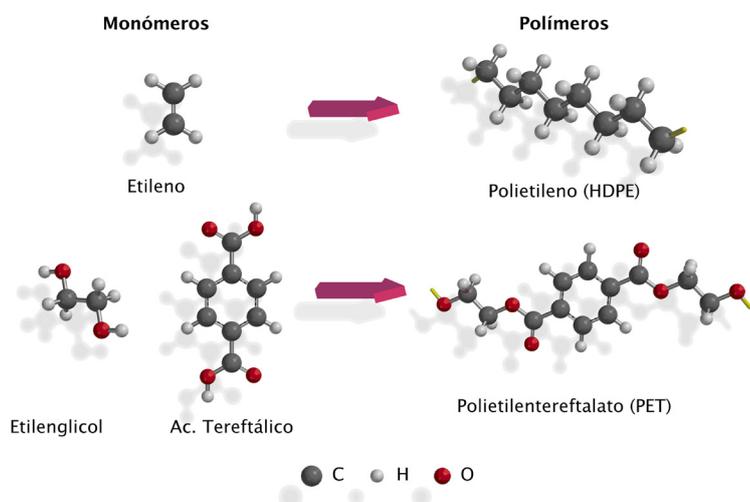


Fig. 1. Algunos monómeros importantes y sus polímeros.

¿De qué manera contribuyen los plásticos a reducir el impacto medioambiental de nuestra sociedad? En primer lugar, el perfeccionamiento de la tecnología de fabricación de los plásticos limita la energía necesaria en el proceso de fabricación. Como resultado de ello, disminuye el consumo de petróleo y la producción de CO_2 . También decrecen los costos de producción: el precio del polietileno o el polipropileno por unidad de peso es apenas superior al de sus monómeros, el etileno y el propileno. Pero esta eficacia también es beneficiosa por otras razones. Pensemos, por ejemplo, en la industria del automóvil, una de las mayores consumidoras de acero y otros metales. La minería y la metalurgia son actividades muy agresivas. En los últimos años, los avances logrados con los plásticos permiten sustituir cada vez más piezas metálicas de los coches. Por ejemplo, las defensas se hacen hoy con elementos plásticos que absorben la energía de los impactos, logrando una mejor protección de los ocupantes del vehículo. Pero, además, la sustitución de las piezas metálicas implica que los automóviles sean cada vez más ligeros, y esto contribuye a una notable disminución del consumo de energía en el transporte.

El problema del envasado es característico de las sociedades desarrolladas. En la actualidad, es necesario empaquetar todo tipo de objetos, para preservar las necesarias condiciones de higiene, proteger los productos manufacturados, o evitar vertidos de sustancias. Pero la cantidad de material necesario para ello es abrumadora. Sólo la existencia de materiales económicos como el polietileno hace posible la práctica sistemática del envasado, y la calidad cada vez mejor de este material permite reducir la cantidad de plástico que se necesita en cada uso. Por ejemplo, las bolsas de plástico que se usan en los supermercados eran originalmente de polietileno de baja densidad (LDPE), un material de bajas prestaciones mecánicas, por lo que al principio tenían que ser relativamente gruesas. La sustitución de este material por el nuevo polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), mucho más resistente, ha permitido reducir el espesor de las bolsas a la cuarta parte, generando con ello un nivel muy inferior de residuos. En EE.UU., la preocupación por el medio ambiente llevó a promover

la sustitución de las bolsas de plástico por otras de papel. Sin embargo, para obtener la misma función, se requiere un volumen de papel que es 13 veces superior al de una cantidad equivalente de polietileno.

La mayor parte de los residuos que generamos en las ciudades va a parar a vertederos más o menos controlados, que con el tiempo serán cubiertos y dedicados a otros usos. Las investigaciones que se han llevado a cabo en estos grandes depósitos de basura indican que no sólo los plásticos, sino todo tipo de residuos orgánicos, incluso los alimentarios, pueden permanecer casi inalterados al cabo de muchos años en el ambiente anaeróbico que reina en el interior del vertedero. Estos trabajos concluyen que el plástico representa aproximadamente un 20% del volumen total de los residuos urbanos, pero sorprendentemente esta proporción apenas ha aumentado en los últimos 20 años a pesar del evidente incremento de sus aplicaciones. Esto es probablemente debido a la mejora y racionalización del uso de estos materiales.

La mejor forma de reducir los vertidos de los plásticos es el reciclado (Figura 2). Los plásticos son un grupo muy heterogéneo de materiales, cada uno de ellos requiere un tratamiento diferente para poder ser reutilizado. Para facilitar la identificación y separación de los plásticos, se ha diseñado un código numérico que podemos ver marcado en los objetos de que están hechos, en el interior de un pequeño triángulo de flechas. Muchos plásticos pueden volver a ser moldeados una y otra vez, lo que facilita su reutilización. Entre éstos se encuentran el PET, un poliéster, y las distintas variedades del polietileno. El reciclado de estos materiales es económicamente viable, aunque por razones de higiene, los productos se destinan a usos no relacionados con la alimentación. El reprocesado de otros materiales plásticos no es tan directo, pero existen para ellos otros usos diferentes del que tuvieron en origen. Por ejemplo, las mezclas de materiales plásticos se pueden convertir en “madera de plástico”, un material empleado en entarimados, vallas o mobiliario de jardín, que resiste mucho mejor a la intemperie que la madera natural.

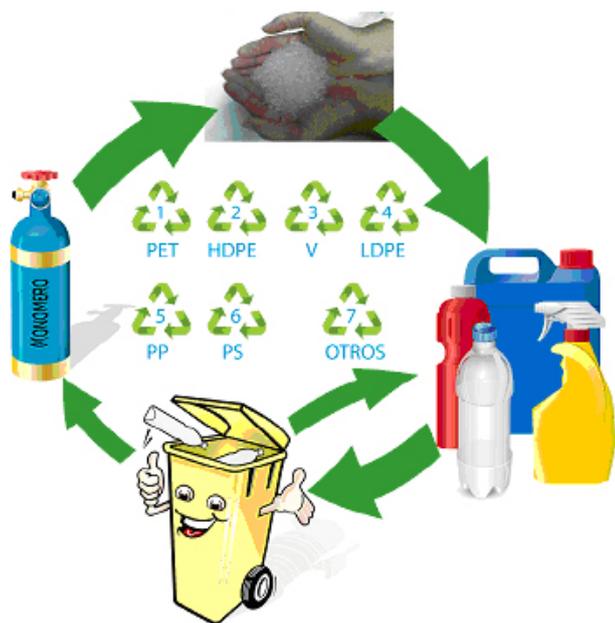


Fig. 2. Ciclo de utilización de los materiales plásticos, y códigos de reciclado: PET, polietilentereftalato; HDPE, polietileno de alta densidad; V, Cloruro de polivinilo; LDPE, polietileno de baja densidad; PP, polipropileno; PS, poliestireno.

Otra forma de reciclado de los materiales polímeros consiste en romper sus moléculas en los fragmentos monómeros originales, los cuales se pueden purificar y volver a polimerizar de nuevo. Este proceso es mucho más costoso que los anteriores, pero tiene la ventaja de que permite la regeneración del material virgen. Ciertos tipos de plásticos, como el PET, son especialmente adecuados para ello.

En los últimos años, existe una gran preocupación por el futuro del petróleo como fuente de energía y de recursos químicos. Los plásticos entran de lleno en esta problemática, ya que su fabricación depende por completo del petróleo. Por ello, se investiga activamente para encontrar materias primas alternativas que permitan obtener los mismos plásticos, u otros dotados de propiedades equivalentes. La fermentación del almidón de maíz o el azúcar de caña o de la remolacha permite obtener grandes cantidades de ácido láctico, el cual se puede polimerizar para dar un material termoplástico, el PLA, cuyas excelentes propiedades le permiten sustituir al

polietileno. Una ventaja adicional de este material es que puede ser degradado por los microorganismos, por lo que los vertidos incontrolados de PLA representan un problema medioambiental menor que los de los plásticos convencionales. Recientemente se ha comenzado a comercializar el PLA en gran escala, y no resulta raro ver bolsas u otros objetos que advierten que están confeccionadas con plásticos “ecológicos”.

Sin duda, los plásticos ocupan un lugar destacado en el futuro desarrollo tecnológico de la humanidad. Ellos nos permiten, en primer lugar, sustituir las materias naturales de las que tenemos sólo un suministro limitado, como la madera, o los metales, reduciendo así el impacto de la actividad industrial en el medio ambiente. Si algo caracteriza los materiales sintéticos, es su versatilidad. El control cada vez más preciso de su estructura y propiedades permite ajustar exactamente el material al uso que queramos hacer de él. La consecuencia es un uso cada vez más racional de los recursos naturales, y el ahorro de materias primas y energía. Como hemos visto, los métodos de síntesis de polímeros pueden también ser modificados para adaptarlos a la escasez de materias primas o a la disponibilidad de fuentes alternativas. Podemos estar seguros de que, en contra de lo que es común opinión entre muchas personas, los plásticos suponen una de nuestras mejores bazas para garantizar la sostenibilidad y el futuro de nuestro bienestar actual.

Bibliografía

A. Brent Strong, *Plastics, Materials and Processing*, 3rd Edn. Pearson – Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2000.

Páginas web de interés:

El plástico y su historia:

<http://www.monografias.com/trabajos5/plasti/plasti.shtml>

Los plásticos en España:

<http://www.anaip.es/>

http://www.repsol.com/es_es/corporacion/conocer-repsol/canal-tecnologia/aplicamos-nuevas-tecnologias/quimica/Poliolefinas.aspx

<http://server2.iiq.csic.es/index.php?id=271>

El papel de las taquicininas en la función espermática humana

ANTONIO CEJUDO ROMÁN, FRANCISCO PINTO Y LUZ CANDENAS

Resumen:

En las sociedades modernas, los problemas de fertilidad son cada vez más frecuentes. En el intento de darles solución, han surgido una gran variedad de técnicas de reproducción asistida, por lo que cualquier investigación básica en reproducción humana es indispensable. La caracterización y comprensión del sistema taquicinérgico en los espermatozoides humanos ahonda en este concepto y permite desgranar aún más nuestro conocimiento sobre la fisiología reproductiva humana.

Introducción:

Los problemas de fertilidad son cada vez más frecuentes en la sociedad. El cambio de hábitos, el acceso a la estabilidad laboral de manera más tardía y las exigencias sociales han hecho que se posponga el deseo de tener hijos, por lo que actualmente se estima en un 15-20% las parejas con problemas para concebirlos en los países industrializados. De ellas, el factor masculino es responsable de aproximadamente el 40% de los casos.

Infertilidad y técnicas de reproducción asistida

Se define a una pareja como infértil cuando, tras un año de relaciones sin protección, no han logrado un embarazo. La infertilidad puede tener un origen femenino o masculino.

- Esterilidad femenina, debida a irregularidades en los ciclos menstruales y ovulación, obstrucción o alteración en la anatomía o funcionalidad del aparato reproductor femenino, endometriosis, y sobre todo, la edad. A partir de los 35 años, las posibilidades de conseguir un embarazo natural comienzan a disminuir aceleradamente. La prueba diagnóstica más importante en la mujer es el estudio en sangre de hormonas hipofisarias como la FSH (Hormona Estimulante del Folículo) y la LH (Hormona Luteinizante)

- Esterilidad masculina, debida a la incapacidad para depositar el semen en la vagina, la obstrucción de los conductos genitales o las alteraciones en la formación de los espermatozoides. En la actualidad, las pruebas de fertilidad en el varón se basan en el denominado seminograma, en el que, según la OMS, se analizan los siguientes parámetros:

- o Concentración. Las muestras con menos de 15 millones de espermatozoides por mililitro se clasifican como oligozoospermias y las que no presentan ningún espermatozoide, azoospermias.

- o Movilidad. Los espermatozoides presentan diferentes grados de movilidad y en función de estos parámetros se clasifican en móviles progresivos, móviles no progresivos e inmóviles. Las muestras con menos de 32% de espermatozoides móviles progresivos se denominan astenozoospermias.

- o Vitalidad. Las muestras con al menos el 58% de espermatozoides vivos se consideran normales. Las muestras en las que no hay ningún espermatozoide vivo se denominan necrozoospermias.

- o Morfología. Las muestras espermáticas con menos de un 4% de espermatozoides normales se denominan teratozoospermias.

Los seminogramas con valores normales en todos estos parámetros se denominan normozoospermicos.

Ante esta situación de creciente infertilidad se han desarrollado distintas técnicas de reproducción asistida, entre las cuales, las más comunes son:

- Inseminación artificial. Consiste en la selección de los mejores espermatozoides para que sean depositados directamente en la cavidad uterina femenina. Simultáneamente se somete a la mujer a una estimulación ovárica suave en la que se asegura la ovulación de un solo ovocito.

- Fecundación In Vitro. La mujer es sometida a una estimulación ovárica fuerte para extraer un mayor número de ovocitos, que se pondrán en contacto en una gota de medio de cultivo con espermatozoides produciéndose la fecundación.

- Inyección Intracitoplasmática de Espermatozoides. Se extraen de nuevo el mayor número de ovocitos a los que se les microinyectará individual y directamente un espermatozoide para asegurar la fecundación. En estas dos últimas técnicas, se cultivan los embriones en el laboratorio hasta que son transferidos directamente al útero materno en el día 3 o en el día 5 del desarrollo.

La fisiología del espermatozoide

Al igual que en muchos otros campos, la investigación ha permitido que las ilusiones de muchas parejas de ser padres se hagan realidad, pero aún queda mucho camino por recorrer. Por ello, el estudio de la fisiología de todos los tipos celulares que intervienen en la función reproductiva es de vital importancia para identificar las causas de la creciente infertilidad y desarrollar soluciones para este problema.

Los espermatozoides son los gametos masculinos haploides obtenidos por meiosis a partir de células germinales primordiales en un proceso que se denomina espermatogénesis. El espermatozoide es una célula polarizada formado por cabeza y flagelo (Fig.1). Un hecho muy importante es que los espermatozoides no son capaces de fecundar al ovocito tras la eyaculación sino que adquieren esta capacidad durante su viaje a través del tracto reproductor femenino. Para ello, deben sufrir los siguientes procesos:

- Capacitación. Cambios bioquímicos, moleculares y fisiológicos en el espermatozoide, que incluye cambios en la composición de la membrana plasmática, cambios en los flujos iónicos a través de la membrana y un aumento de la fosforilación de las proteínas.
- Hiperactivación. Cambio en su patrón de movilidad, dejando de ser rectilíneo para ser asimétrico y más enérgico. Este hecho se produce en las proximidades del ovocito. Es un proceso dependiente de calcio.
- Reacción acrosómica. Expulsión de la vesícula que tienen los espermatozoides en la cabeza (denominada acrosoma) en las inmediaciones del ovocito y que facilitan la degradación de la zona pelúcida o capa dura que rodea al mismo. También es un proceso dependiente de calcio.
- Unión espermatozoide-zona pelúcida y posterior fecundación del ovocito.

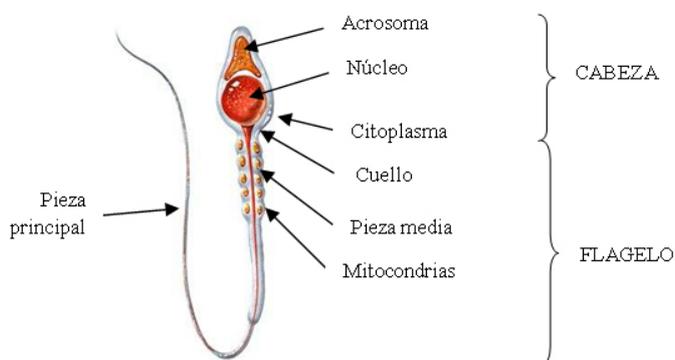


Fig. 1. Espermatozoide y sus componentes más importantes.

Las taquicininas y sus receptores

Las taquicininas son una familia de péptidos íntimamente relacionados cuyos miembros más conocidos son la sustancia P (SP), la neurocinina A (NKA), la neurocinina B (NKB) y la hemocinina-1 (HK-1). Durante mucho tiempo, se pensaba que las taquicininas estaban presentes únicamente en células de origen neuronal. Sin embargo, varios estudios en los últimos años han puesto de manifiesto que las taquicininas se encuentran en una amplia gama de tejidos y tipos celulares muy diferentes al sistema nervioso como por ejemplo, las células epiteliales, los fibroblastos o el músculo liso. Los efectos de estos péptidos en las células están mediados por una familia de receptores de membrana acoplados a proteínas G llamados NK1, NK2 y NK3. La SP y el HK-1 actúan preferentemente sobre el receptor NK1, la NKA sobre el receptor NK2 y la NKB sobre el receptor NK3. En este sistema intervienen también las peptidasas o enzimas degradadoras principales de las taquicininas, como son las endopeptidasas neutras (NEP y NEP2). Varios indicios han puesto de manifiesto la influencia de este sistema en la reproducción, pero nunca se había analizado su presencia en los espermatozoides humanos. En nuestro laboratorio hemos localizado en los espermatozoides humanos tanto las taquicininas como sus receptores por técnicas de PCR y de inmunofluorescencia (Fig. 2 y 3).

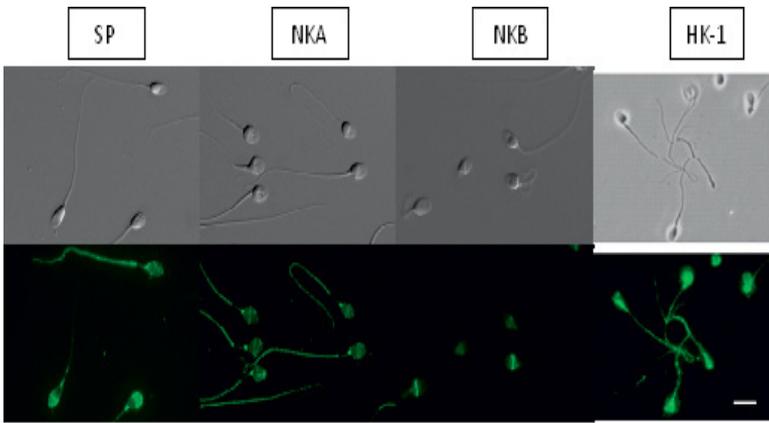


Fig. 2. Micrografías que demuestran por inmunofluorescencia la presencia de las taquicininas en el espermatozoide.

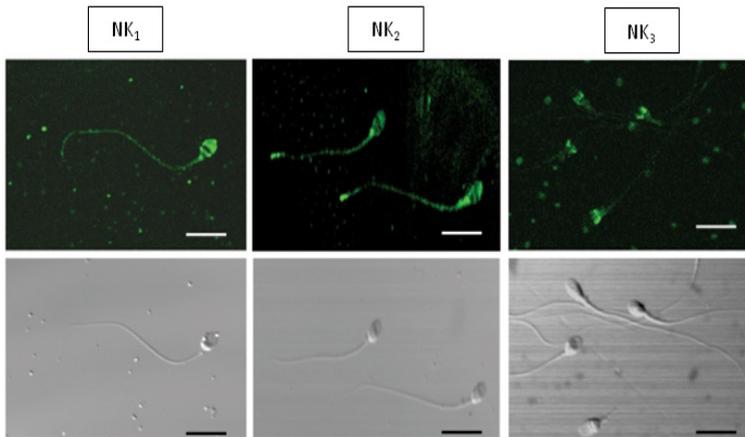


Fig. 3. Micrografías que demuestran por inmunofluorescencia la presencia de los receptores de las taquicininas en el espermatozoide.

Además, intentamos desgranar la acción que pueden ejercer sobre la fisiología espermática. Para ello, añadimos taquicininas a muestras de espermatozoides y descubrimos que aumentaban el número de espermatozoides móviles progresivos hasta un 25% (Fig.4). Por otro lado, usando un bloqueante de las peptidasas llamado fosforamidón, hemos llegado a la conclusión de que las propias taquicininas que contienen los espermatozoides son capaces de modular su propia movilidad, poniendo de manifiesto la existencia de un sistema de comunicación autocrino, muy común en otros tejidos, pero escasamente estudiado entre espermatozoides.

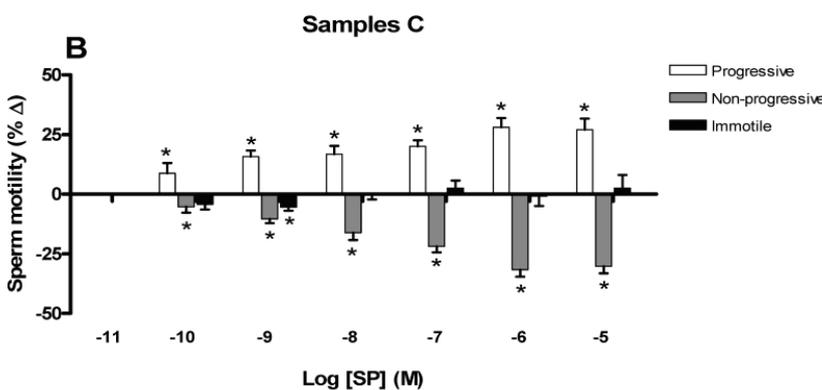


Fig. 4. Efecto de la SP sobre la movilidad espermática humana.

Conclusiones:

La investigación básica en fisiología de la reproducción humana es completamente necesaria para la mejora de las técnicas de reproducción asistida y la medicina reproductiva. El descubrimiento de la presencia de las taquicininas (SP, NKA, NKB, HK-1) y sus receptores (NK1, NK2, NK3) en los espermatozoides de una forma funcionalmente activa supone un avance más en el camino hacia la comprensión del comportamiento de un espermatozoide humano durante su viaje por el tracto femenino.

Para saber más:

- Remohí, J., Cobo A., Romero J., de los Santos M.J., Pellicer A. (eds.) (2008): *Manual práctico de esterilidad y reproducción humana*, 3ª edición. McGraw-Hill.

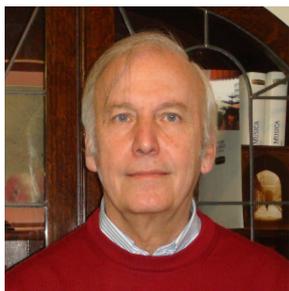
- Organización Mundial de la Salud (2010): *WHO laboratory manual for the examination and processing of human semen*, 5th edition.

Ravina C.G., Seda M., Pinto F.M., Orea A., Fernández-Sánchez M., Pintado C.O., Cadenas M.L. (2007): "A role of tachykinins in the regulation of human sperm motility". *Hum Reprod* 22(6):1617-1625.

- Pinto F.M., Ravina C.G., Subirán N., Cejudo-Román A., Fernández-Sánchez M., Irazusta J., Garrido N., Cadenas M.L. (2010): "Autocrine regulation of human sperm motility by tachykinins". *Reprod Biol Endocrinol* 8:104.

- www.ivi.es

NOTAS SOBRE LOS AUTORES



Ernesto Carmona Guzmán es Catedrático de Química Inorgánica de la Universidad de Sevilla e investigador del Instituto de Investigaciones Químicas del cicCartuja. Es autor de más de doscientas publicaciones en revistas internacionales de reconocido prestigio, entre ellas *Science* y *Journal of the American Chemical Society*. Ha recibido diversos galardones, como el Prix Franco-Español (Catalán-Sabatier) de la Société Française de Chimie en 2004, el Premio a la Investigación y la Medalla de la Real Sociedad Española de Química en 2006 y el Premio Rey Jaime I a la Investigación Básica en 2010.



Anna Lindahl es Científica Titular del CSIC en el Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis de Sevilla. Antes de integrar el equipo del cicCartuja, realizó su carrera investigadora en el Departamento de Bioquímica de la Universidad de Estocolmo (Suecia) y en el Departamento de Botánica Agrícola de la Universidad Hebrea de Jerusalén (Israel). Su mayor interés como científica está enfocado en entender cómo se produce la adaptación de los organismos fotosintéticos a las condiciones lumínicas.



Lorena Saelices Gómez es Investigadora Postdoctoral de la Universidad de Sevilla y trabaja en el Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis. Perteneció al grupo de investigación "Expresión génica y transducción de señales en organismos fotosintéticos", cuyo responsable es Francisco Javier Florencio Bellido. En diciembre de 2010 se doctoró con la tesis "Estructura-Función de la Glutamina Sintetasa de *Synechocystis* sp. PCC 6803. Interacción de la GSI con los Factores Inactivantes".



Asunción Fernández es Profesora de Investigación del CSIC. Licenciada en Química por la Universidad de Cádiz, en Física por la UNED y Doctora rer. Naturforschung por la Universidad de Dortmund (Alemania). Ha sido estudiante de doctorado en la prestigiosa Sociedad Max Planck y directora del Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla entre 2001 y 2009. Es responsable científica del laboratorio de microscopía electrónica del ICMS y del servicio del cicCartuja desde 1996. Su labor investigadora se centra en el estudio físico-químico de materiales con tamaños de grano por debajo de 50 nm (nanomateriales).



Gisela M. Arzac Gisela es Licenciada en Química por la Universidad de Buenos Aires (Argentina) y estudiante de doctorado en el Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla. Su trabajo se relaciona con el estudio de varios aspectos de una reacción química que permite obtener hidrógeno, un combustible ambientalmente benigno. Una parte fundamental de su tesis consiste en el estudio de los catalizadores de la reacción mediante técnicas variadas, entre las cuales se encuentra la microscopía electrónica.



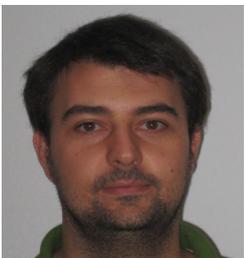
Mª del Carmen Jiménez de Haro es Doctora en Química por la Universidad de Sevilla, Titulada Superior Especializada del CSIC y responsable del Servicio de Microscopía Electrónica de Barrido del Instituto de Ciencias de Materiales de Sevilla. Sus estudios se centran en distintas aplicaciones de la Microscopía Electrónica, en especial en la caracterización de nanoestructuras y procesos de degradación en el campo de Patrimonio Histórico Cultural.



Miguel Ángel Centeno Gallego es Doctor en Química por la Universidad de Sevilla (1995). Realizó su postdoctorado en la Universidad Católica de Lovaina-la-Nueva (Bélgica). Científico Titular del CSIC en el Instituto de Ciencia de Materiales desde 2001, promocionó a Investigador Científico en 2009. Su labor investigadora se ha centrado en diferentes aspectos de la Catálisis Medioambiental. En su trayectoria científica tiene especial relevancia la línea de catálisis por oro en la que trabaja desde el año 2000.



Juan Cámpora Pérez es Licenciado en Química por la Universidad de Sevilla. De 1990 a 1992 disfrutó de una beca postdoctoral Fulbright en el Massachusetts Institute of Technology (E.E.U.U). A su regreso a España, se reincorporó a la Universidad de Sevilla y más tarde al Instituto de Investigaciones Químicas. Investigador Científico del CSIC desde 2001, actualmente es vicedirector del IIQ. Sus intereses se centran en la Química Organometálica, en particular en el desarrollo de nuevos catalizadores para la polimerización de olefinas.



Antonio Cejudo Román es Licenciado en Ciencias Biológicas por la Universidad de Valencia (2007) y Máster por la misma Universidad en Biotecnología de la Reproducción Humana Asistida (2009). Actualmente se encuentra realizando su tesis doctoral sobre el papel de las taquicininas en la función espermática humana en el Laboratorio de Farmacología del Instituto de Investigaciones Químicas, dirigido por los doctores Luz Candenas y Francisco Pinto. Es coautor de artículos publicados en revistas internacionales.



Francisco Pinto Pérez es Licenciado en Biología por la Universidad de La Laguna (Tenerife) y Doctor en Biología por la misma Universidad. Entre 1998 y 2001 fue Profesor Titular de Genética de la Universidad de La Laguna. En el año 2001 se incorporó al Instituto de Investigaciones Químicas como Científico Titular del CSIC. Sus investigaciones actuales se centran en el estudio del papel de las taquicininas y otros péptidos bioactivos en la regulación de las funciones de reproducción de mamíferos.



Luz Candenas de Luján es Licenciada en Farmacia por la Universidad de Valencia y Doctora en Farmacia por la misma Universidad. En 1996 se incorporó al Instituto de Investigaciones Químicas como Profesora Titular de Farmacología y posteriormente como Científico Titular del CSIC. Sus investigaciones actuales se centran en el estudio de los mecanismos implicados en la reproducción y, más concretamente, en la importancia de la ordenación y composición química de la membrana espermática sobre la fertilidad masculina.

COMISIÓN DE DIVULGACIÓN CICCARTUJA

M^a Dolores Vega Pérez. Gerente del cicCartuja. Licenciada en Biología.

M^a del Pilar Palma Ramírez. Investigadora Científica del CSIC. Instituto de Investigaciones Químicas.

Asunción Fernández. Profesora de Investigación del CSIC. Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla.

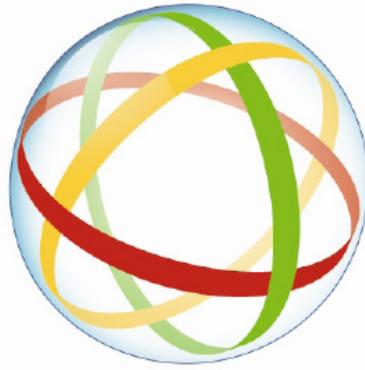
M^a Teresa Ruiz Pérez. Investigadora Post-Doctoral Contratada del CSIC. Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis.

M^a José Plaza Ballesteros. Titulada Superior Contratada. Licenciada en Biología.

COORDINADORES DE LA EDICIÓN

Leticia Álvarez Durán. Periodista. Oficina de Comunicación del cicCartuja.

José Romero Portillo. Periodista. Oficina de Comunicación del cicCartuja.



cicCartuja

**Avda. Américo Vespucio, 49
Isla de la Cartuja
41092 Sevilla**

**T. +34 954 489 501
F. +34 954 460 165**

**www.ciccartuja.es
ciccartuja@ciccartuja.es**