

Cuadernos
de Divulgación Científica
cicCartuja:
ENCUENTROS CON LA CIENCIA

1

ÍNDICE

Introducción 3

Las Herederas de Hipatia. Adela Muñoz Páez 5

INSTITUTO DE BIOQUÍMICA VEGETAL Y FOTOSÍNTESIS

Ángeles y demonios de la biotecnología vegetal:

Qué ofrece y qué problemas plantea.

Mercedes García González y Federico Valverde Albacete 11

Plantas más sanas para una agricultura sostenible.

Fernando de la Torre Fazio y Teresa Ruiz Pérez 15

INSTITUTO DE CIENCIA DE MATERIALES DE SEVILLA

Materiales para el control del medioambiente.

Gerardo Colón Ibáñez 19

Nanociencia y nanotecnología para el control de la luz.

Hernán Ruy Míguez García 23

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES QUÍMICAS

Importancia de la Química en la sociedad actual

(desarrollo sostenible y nuevas aplicaciones).

Antonio Pizzano Mancera 27

Los químicos frente a la mayor pandemia de la historia médica, el SIDA.

F. Javier Rojo Marcos 31

INTRODUCCIÓN

El Centro de Investigaciones Científicas Isla de la Cartuja (cicCartuja) se caracteriza por acoger tres institutos de investigación (Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis, Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla e Instituto de Investigaciones Químicas), lo que le permite potenciar de manera muy significativa su especial capacidad para promover la investigación interdisciplinar en áreas como la Biología, la Química y la Física.

Auspiciado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), la Junta de Andalucía y la Universidad de Sevilla, el cicCartuja se encuentra en el Parque Científico y Tecnológico Cartuja 93. Entre otras muchas actividades, el cicCartuja promueve y coordina las tareas de divulgación de la ciencia que llevan a cabo sus investigadores a través de la recién creada Comisión de Divulgación Científica, de cuya labor es fruto la presente publicación.

Este primer número de los *Cuadernos de Divulgación Científica cicCartuja*, elaborado con indudable ánimo de continuidad, es el resultado de la vocación divulgadora que durante más de siete años ha caracterizado a este Centro y a sus tres Institutos. En efecto, el compromiso de los investigadores por desarrollar una investigación científica de excelencia se encuentra ligado, inevitablemente, a la responsabilidad de hacer llegar a la sociedad los resultados de su labor creativa y generadora de conocimiento.

En el marco de la Semana de la Ciencia y la Tecnología 2009, los siete artículos de divulgación que aquí se presentan corresponden a las charlas que han impartido varios investigadores del cicCartuja a alumnos de Bachillerato que cursan la asignatura “Ciencias para el Mundo Contemporáneo”. Entre los contenidos de dicha asignatura podemos citar varios en los que la investigación desarrollada en los Institutos del cicCartuja incide notablemente, a saber: *Vivir más, vivir mejor*, *Hacia una gestión sostenible del planeta* y *Nuevas necesidades, nuevos materiales*.

Los objetivos concretos de las charlas mencionadas y, por tanto, del presente *Cuaderno* son los siguientes:

- Hacer llegar la ciencia a través de sus protagonistas, promoviendo la cultura científica general.
- Fomentar las vocaciones científicas.
- Hacer visible la labor de los científicos de nuestros Institutos y los resultados de su investigación.

Los *Cuadernos* comienzan con un artículo dedicado a “Las Herederas de Hipatia”, a todas las mujeres que llevan a cabo un doble esfuerzo por contribuir al conocimiento científico y al desarrollo tecnológico. Los siguientes artículos recogen trabajos desarrollados por los propios investigadores del cicCartuja y se dedican a la biotecnología vegetal y sus aplicaciones en el ámbito de la agricultura sostenible, a los materiales para el control del medioambiente, a la nanociencia y la nanotecnología, a los retos de la química en la sociedad actual y a la investigación sobre el sida. Al final se incluye un breve currículum de la actividad científica de los autores, a los que agradecemos su dedicación y esfuerzo por sacar la ciencia a la calle y presentarla, de

manera comprensible, a los más jóvenes, ilusionándolos y animándolos a adentrarse en el maravilloso mundo de las ciencias experimentales.

Los *Cuadernos* son un reflejo de la sinergia entre los tres Institutos que componen el *ciCartuja*, dando lugar así a una sólida estructura basada en la interdisciplinariedad, en el avance de las fronteras del conocimiento y en el aprovechamiento práctico de sus logros. El objetivo final es implementar una concepción moderna, dinámica y comprometida de la investigación científica, con el consiguiente trasvase a la sociedad y su desarrollo práctico.

Esperamos que disfruten con la lectura de estos *Cuadernos de Divulgación Científica cicCartuja* y, muy en particular, que resulten útiles para los alumnos y profesores en su afán por aprender y enseñar una cultura científica básica e imprescindible para la “sociedad del conocimiento” que todos deseamos.

Miguel Ángel de la Rosa Acosta
Director *cicCartuja*

Las Herederas de Hipatia

ADELA MUÑOZ PÁEZ

Profesora Titular Universidad de Sevilla
Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla

Hipatia de Alejandría fue una filósofa, matemática y astrónoma del siglo IV. Por su trágica muerte a manos de monjes cristianos pasó a la historia como símbolo de las mujeres que dedican su vida a la búsqueda del conocimiento. Pero Hipatia no fue la primera que dedicó su vida a tal menester, le precedieron matemáticas, como la griega Teano, y tuvo muchas herederas, entre las cuales la más conocida es polaca-francesa Marie Curie. Pero hay otras muchas desconocidas como la también francesa Marie Anne Paulze, más conocida como Madame Lavoisier; Sofia Kovalevskaia, rusa que vivió en el XIX, hizo contribuciones relevantes en el campo de las matemáticas, mientras que Hedy Lamarr, austriaca-norteamericana que vivió en el XX, inventó un sistema de transmisión de información que ha resultado crucial para las comunicaciones del siglo XXI. Por último no podemos dejar de citar a la más veterana, Rita Levi-Montalcini, bioquímica italiana merecedora del premio Nobel de Medicina en el año 1986, en activo tras haber cumplido cien años.

A pesar de que en los laboratorios de investigación hoy día hay tantas mujeres como hombres, se sigue pensando que la ciencia es una tarea eminentemente masculina y se suele creer que las mujeres han estado ausentes de la construcción de conocimiento científico. Sin embargo, aunque minoritarias, han realizado contribuciones significativas en todos los campos de la ciencia.

En las sociedades prehistóricas las mujeres eran las encargadas de seleccionar, recoger y procesar las plantas que había de servir de alimentos y de medicina y de descartar las tóxicas. Fueron las primeras “botánicas” porque esta tarea era más compatible con la crianza de los hijos que la caza. También era tarea de las mujeres la construcción de morteros para moler el grano y el procesado de las fibras de las plantas para hacer tejidos. De manera natural, eran las encargadas de ayudar a otras mujeres en el difícil y peligroso trance del parto. Estos saberes tradicionales de las mujeres fueron apareciendo encarnados en las diosas de los panteones de las civilizaciones de la antigüedad. Así, la diosa egipcia Isis dio a la humanidad la escritura y la medicina, inventó el embalsamamiento y enseñó la agricultura, la navegación y la astronomía. Ya en Grecia, Atenea inventó el arado y la brida, enseñó el uso del yugo y a domesticar los caballos; creó el olivo y enseñó a extraer el aceite; inventó la carreta, las armas de hierro y la armadura, los números y la flauta. En contraste con los poderes de las diosas, la situación de la mujer era muy diferente en ambas civilizaciones, pues mientras que en Egipto las mujeres podían ser desde faraonas hasta escribas, pasando por perfumistas, comerciantes o médicas, en Grecia sus tareas se limitaban al ámbito doméstico, estando el ejercicio de muchas profesiones, como la medicina, penadas con la muerte. Aún así hubo griegas que descollaron, tales como Teano, miembro destacado de la escuela filosófico-matemática que Pitágoras fundó en Crotona, o Agnódice, que ejerció como médico en Atenas disfrazada de hombre, lo que casi le cuesta la vida.

El papel público de la mujer en Roma fue aún más restringido que en Grecia. En las postrimerías del imperio vivió en Alejandría la que habría de convertirse en símbolo y bandera de las reivindicaciones de los derechos de la mujer a lo largo de la historia:

Hipatia. Junto con su padre Teón vivió durante el reinado del emperador Teodosio II en un clima de luchas religiosas. Ambos impartían sus enseñanzas en la Escuela Neoplatónica de Alejandría, dirigida por Teón en la cual, además de filosofía, se estudiaba matemáticas. Hipatia, debido a su gran capacidad intelectual y pedagógica, fue elegida como directora de la Escuela a la muerte de su padre. No se ha conservado ninguna de sus obras, pero sabemos de su existencia gracias a las referencias que se hacen a ellas en la correspondencia con sus discípulos, sobre todo Sinesio de Cirene, que llegó a ser obispo de Ptolemaida. Así sabemos que escribió un *Comentario* en 14 libros a la *Aritmética* de Diofanto; un *Canon astronómico*; un *Comentario* a las *Secciones cónicas* de Apolonio de Perga, su obra más importante; unas *Tablas astronómicas* revisión de las de Tolomeo, conocidas por su inclusión en el *Canon astronómico* de Hesiquio. Asimismo editó el *Comentario* de Teón a *Los Elementos* de Euclides. Además cartografió cuerpos celestes, confeccionó un planisferio y también se interesó por la mecánica. Inventó un destilador, un artefacto para medir el nivel del agua y un hidrómetro graduado para medir la densidad relativa y la gravedad de los líquidos, precursor del actual aerómetro, y un astrolabio plano. El fin de Hipatia llegó con el conflicto entre el cristianismo que luchaba por afianzarse y el poder central de Roma. Orestes, prefecto romano en Alejandría, inició con Hipatia una relación que algunos decían que iba más allá de la simple amistad. El obispo Cirilo, que se llevaba muy mal con el prefecto romano, culpó a Hipatia de las malas relaciones entre el obispado y la prefectura romana. También se decía que estaba celoso de su popularidad desde el día que vio a la multitud arremolinada en torno a su casa para verla. Por envidia o miedo a la influencia de esta mujer, en círculos cristianos empezó a crecer el deseo de hacerla desaparecer. El caso es que Hipatia murió inicuaamente, como nos cuenta Sócrates Escolástico: *...la dejaron totalmente desnuda, le tasajearon la piel y las carnes con caracoles afilados, hasta que el aliento dejó su cuerpo, descuartizaron su cuerpo, llevaron los pedazos a un lugar llamado Cinaron y los quemaron hasta convertirlos en cenizas.*

Los culpables del asesinato de Hipatia nunca fueron castigados, es más, con el tiempo el obispo Cirilo fue canonizado. La Iglesia cristiana se afianzó en el poder y apartó a las mujeres de los centros del saber.

Justamente en el seno de la iglesia, en uno de sus monasterios, floreció una de las mujeres más polifacéticas de la Edad Media: **Hildegarda de Bingen**, también conocida como la Sibila del Rhin. Nació en 1098, en la región del río Nahe, en el seno de una familia aristocrática. Fue una niña precoz de constitución débil y enfermiza, que no siendo considerada apta para el matrimonio fue recluida a los ocho años en un pequeño convento benedictino bajo la tutela de la abadesa, su tía Jutta. Esta se ocupó de su educación, que entonces se limitaba al estudio del latín, las Sagradas Escrituras, oraciones y música. No obstante, Hildegarda siempre se definió como una mujer sencilla y sin formación cuyas obras eran dictadas directamente por Dios. Nunca se sabrá si ella estaba convencida de estar inspirada por Dios o si ese fue el medio que ideó para dar credibilidad a su obra. Su producción intelectual comenzó a la muerte de Jutta, cuando con casi cuarenta años fue elegida abadesa del convento y poco después fundó uno nuevo cerca de la ciudad de Bingen. Según nos cuenta, en 1141 recibió una visión que le ordenaba escribir cuanto había visto y oído. Tras muchas dudas, castigadas con largos períodos de enfermedad, comenzó a escribir su obra más famosa *Scivias, Conoce los caminos de Dios*. Entre 1150 y 1160 trabajó en su enciclopedia de filosofía natural, *Physica*, tratado que contenía descripciones de plantas, animales y piedras y sus

aplicaciones médicas, que entre otras universidades, fue usado como texto en la escuela de medicina de Montpellier hasta el siglo XVI. Su última obra importante es *Causae et curae*, donde relaciona su concepto místico del universo con las enfermedades específicas del cuerpo humano. Escribió además varios libros de visiones, tratados teológicos, biografías, himnos y poemas, un misterio teatral y la primera música sacra compuesta por una mujer, que a comienzos del siglo XXI puede oírse en la radio. Además fue una notable dibujante, que empleaba una simbología propia para definir el cosmos y la posición del hombre y de Dios en él, así como la suya propia. Sus dibujos resultan llamativos por su originalidad y su deslumbrante uso del color, sobre todo el rojo, para ella el símbolo de la vida. Mantuvo una abundante correspondencia en alemán y en latín, con los más destacados personajes de la época, entre ellos varios papas, emperadores, reyes, príncipes y prelados, a los que no dudaba en amonestar severamente cuando consideraba que no se comportaban como Dios (ella) esperaba. Murió en 1179, a los 81 años.

Las mujeres tampoco estuvieron ausentes de la gran revolución científica que tuvo lugar en Europa en el siglo XVIII. **Marie Anne Pierrette Paulze** se casó con Antoine Lavoisier cuando tenía ella 14 años y él 28. El matrimonio fue arreglado por el padre de Marie para que ella pudiera escapar a un pretendiente noble y arruinado. Fue una unión fructífera y feliz, durante la cual el gran Antoine sentó las bases de una nueva ciencia, la Química, con la colaboración solícita y eficiente de Marie. En el retrato más conocido de los esposos Lavoisier, el que pintó Jean Louis David, puede apreciarse la compenetración que debió reinar en la pareja, truncada de forma prematura por la guillotina. Marie tradujo del inglés las obras que interesaban a Lavoisier, tales como el *Ensayo sobre el flogisto*, de Richard Kirwan, y preparó las excelentes ilustraciones del *Traité elemental de Chimie*, no en vano su maestro de pintura había sido el mismísimo Jean Louis David. Este tratado, publicado en 1789, fue el primer texto de Química moderna, donde se redefinió el término *elemento* y se incluyó una lista de los 23 conocidos entonces. En 1794 Antoine Lavoisier fue guillotinado y Marie pasó dos meses en prisión. Once años más tarde, 1805, completó, editó y publicó las *Mémoires de Chimie*, la principal obra de Antoine Lavoisier.

Las matemáticas, el saber más abstracto, y según muchos grandes hombre el más ajeno al cerebro femenino, también fueron abordadas por muchas mujeres de forma brillante. Entre ellas destaca la fuerte personalidad de **Sofia Kovalevskaja**, nacida en Moscú en 1850, hija de un alto oficial del ejército ruso. Su curiosidad por las matemáticas surgió tras contemplar durante su niñez las fórmulas matemáticas de los manuscritos empleados para empapelar las paredes de su cuarto. A partir de los conocimientos obtenidos de forma autodidacta, explicó y analizó el concepto de *seno* tal y como había sido inventado originalmente. Como en Rusia se impedía el acceso a la universidad a las mujeres, Sofia se casó con Vladímir Kovalevski, en un matrimonio de conveniencia, y se marchó a Heidelberg, donde pudo entrar en la universidad pero solo como oyente. Por su brillantez, pronto atrajo la atención de los profesores, que la recomendaron para estudiar en la universidad de Berlín con Karl Weierstrass, a quien se consideraba el mejor matemático de la época. Allí tampoco le permitieron el acceso a la universidad, pero Weierstrass accedió a trabajar con ella en privado. Durante sus años en Berlín escribió dos tesis sobre matemáticas, una sobre ecuaciones de diferenciales parciales y otra sobre integrales abelianas, y una tercera tesis sobre astronomía, dedicada al estudio de los anillos de Saturno, que le sirvieron para obtener su doctorado *in absentia*. Sólo tras la muerte de su marido, con quien había llegado a tener una hija, fue nombrada

profesora de la Universidad de Estocolmo en 1884. En 1888 ganó el *premio Bordin* de la Academia de Ciencias Francesa con el trabajo “*Sobre la rotación de un sólido alrededor de un punto fijo*”. En torno a esa época conoció al científico Maxim Kovalevsky, que le propuso que abandonara su carrera para convertirse en su esposa, Sofía se negó. De forma paralela a su carrera científica desarrolló una carrera literaria escribiendo cuentos y memorias de juventud. Estuvo involucrada en diversos movimientos políticos de marcado carácter izquierdista. Murió de pulmonía tras volver de un viaje a Ginebra con Maxim cuando contaba 41 años. Sus estudios tienen aplicaciones en mecánica y aeronáutica. Sirven para comprender distintos fenómenos, como el de la caída de un avión en barrena o los de frenado y aceleración con el movimiento de los brazos en el patinaje artístico.

A finales del siglo XIX una atrevida mujer se propuso estudiar la naturaleza de unos rayos de naturaleza tan misteriosa que se los llamaba “X”. Terminó descubriendo un nuevo fenómeno que habría de cambiar el curso de la historia: la radioactividad. **Maria Sklodowska** nació en Varsovia en 1867 y en su niñez sufrió los terribles efectos de la invasión de su país por los rusos, durante la cual murieron su madre y a una de sus hermanas. En 1891 se trasladó a París, donde cambió su nombre por el de Marie, y comenzó sus estudios en la Universidad de la Sorbona en unas condiciones que hoy consideraríamos inhumanas, pues apenas tenía dinero para comer y mucho menos para comprar leña con la que calentarse. A pesar de ello, dos años más tarde acabó la licenciatura en física con las máximas calificaciones y al año siguiente la de matemáticas. En 1894 conoció a Pierre Curie, un brillante físico que, entre otras cosas, ya había descubierto *la ley de Curie* de los materiales ferromagnéticos y la pizeoelectricidad, junto con su hermano. Pierre y Marie se casaron en 1895. Pierre terminaría abandonando sus propios trabajos para colaborar con Marie en el estudio de la radioactividad. Marie Curie dedicó su tesis doctoral a estudiar las radiaciones emitidas por la pechblenda, que eran similares a las descubiertas en 1896 por Becquerel. Fue la primera en utilizar el término *radioactivo* para describir los elementos que emiten radiaciones cuando se descomponen sus núcleos. En 1898 Marie y Pierre Curie anunciaron el descubrimiento de dos nuevos elementos: el **polonio**, llamado así en honor del país natal de Marie, Polonia, y el **radio**. En 1903 compartieron con Becquerel el Premio Nobel de Física por el descubrimiento de los elementos radioactivos. En 1904 Pierre Curie fue nombrado profesor de Física de la Universidad de la Sorbona, y en 1905 miembro de la Academia Francesa. Un año después murió tras ser atropellado por un coche de caballos. Pierre y Marie tenido dos hijas, Irène y Ève, que al morir su padre tenían 3 y 8 años. A la muerte de Pierre, Marie se hizo cargo de sus clases y continuó sus investigaciones sobre la radioactividad. En 1911 recibió un segundo Premio Nobel, esta vez de Química. En 1914 fue nombrada directora del Instituto de Radio de París; posteriormente fundó el Instituto Curie.

Durante la Primera Guerra Mundial montó junto con su hija Irène una unidad móvil para hacer radiografías que ayudaran a localizar de las balas a los heridos. Al terminar la guerra estos aparatos portátiles habían realizado más de un millón de radiografías, salvando la vida de innumerables soldados. Es difícil calcular la cantidad de radiación que recibió Marie, tanto de los rayos X con los que ayudó a curar a los soldados, como de los elementos radioactivos en los que trabajó toda su vida. Respecto a estos últimos baste decir que todavía hoy no se pueden consultar sus cuadernos de laboratorio sin protección contra la radioactividad. Pierre había intuido que unas radiaciones desconocidas podían ser peligrosas para la salud y por ello comenzó a realizar

experimentos con ratas de laboratorio. Pero estos quedaron interrumpidos con su muerte, pues Marie se negó durante mucho tiempo a considerar que la radioactividad pudiera tener efectos nocivos. Estaba convencida de que la salvación del cáncer estaba en la radioactividad y no le faltaba razón; lo que no sabía era que la exposición prolongada era también una de las principales causas de esta enfermedad. Como era de esperar, Marie Curie murió en 1934 de una anemia perniciosa causada por las largas exposiciones a la radiación. Para desarrollar su carrera científica, además de una mente brillante, una gran intuición, un tesón fuera de lo común y una capacidad de trabajo extraordinaria, Marie contó con el apoyo incondicional de dos hombres singulares. El primero y bien conocido fue su marido, Pierre Curie. El segundo y no menos importante pero completamente desconocido, fue su suegro, Eugène Curie. Este señor, médico de profesión, se había quedado viudo pocos días antes de que naciera la primera hija de Marie, Irène. No solo la ayudó a traerla al mundo, sino que se dedicó en cuerpo y alma a cuidar de su nieta. De él heredaría Irène su agnosticismo y su sensibilidad socialista, que la llevarían a comprometerse activamente en política desde su juventud. Eugène fue además el principal apoyo de Marie cuando murió Pierre. Aunque terminó enterrada en el Panteón de los franceses ilustres, Marie luchó toda su vida para que se reconocieran sus méritos como científico en su país de adopción, Francia. Así por ejemplo, a pesar de que durante muchos años fue la única persona que había ganado dos premios Nobel en ciencias, Marie no fue admitida como miembro de la Academia Francesa. Es más, para desacreditarla fue atacada en la prensa de forma extraordinariamente virulenta cuando lo solicitó. Marie tuvo sin duda una vida llena de gloria y reconocimientos, pero también de sufrimientos físicos y morales. No vivió lo suficiente para ver como a su hija Irène y su yerno Frédéric Joliot-Curie ganaban el Premio Nobel por sus trabajos sobre radioactividad artificial.

Tampoco en el campo de la ingeniería, considerado aún hoy día eminentemente masculino, ha faltado la presencia femenina. Una de las más singulares ingenieras fue una deslumbrante actriz de Hollywood de los años cuarenta. Hedy, nacida en Austria en 1913, había sido una precoz pianista y estudiante de ingeniería, carrera que abandonó para comenzar la de actriz a las órdenes de Max Reinhardt, conocido director de cine alemán de la época. Pero también tuvo que abandonar esa profesión cuando con veinte años se casó, al parecer obligada, con Friedrich Mandl, traficante de armas austriaco. Friedrich hacía que lo acompañara a las reuniones con los clientes, que incluían los ejércitos de Hitler y Mussolini, en las que tuvo ocasión de aprender mucho sobre tecnología militar. En 1937, en pleno ascenso nazi, Hedy, de ascendencia judía, huyó de su país natal y de su marido que la había tenido poco menos que secuestrada. Se refugió en Estados Unidos, donde empezó a trabajar en la industria cinematográfica tras conocer a Louis B. Mayer, el magnate de los estudios de Hollywood, que le puso el nombre de **Hedy Lamarr**. En el verano de 1942 Hedy Kiesler Markey (que era su nombre de casada de entonces) y el pianista George Antheil registraron con el nombre *Secret Communications system* la primera patente de transmisión de información mediante microondas con espectro ensanchado, cuyo objetivo era dirigir los torpedos del ejército aliado por una onda de frecuencia variable para no ser detectada por los nazis. Se la ofreció al ejército norteamericano, pero la electrónica necesaria para desarrollar las aplicaciones no estaba disponible entonces, y el proyecto fue abandonado. Años después, la empresa *Sylvania Electronics* desarrolló la idea que hoy día es la base de sistemas de telefonía sin cable tipo Bluetooth, la comunicación por satélite GPS y las redes locales de ordenador sin cable, WLAN.

Pero no todas las herederas de Hipatia son del pasado, hoy día son multitud y entre ellas destaca por su veteranía **Rita Levi Montalcini**. Esta bioquímica nació en Turín en 1909 y con veinte años decidió estudiar de medicina pese a la oposición paterna. Tras licenciarse comenzó a estudiar el desarrollo de los tejidos animales, en concreto los del sistema nervioso. No dejó de realizar sus experimentos con embriones de pollo ni durante la Segunda Guerra Mundial, a pesar de que por ser judía tuvo que vivir escondida en el campo. Al final de la guerra se trasladó a Estados Unidos para desarrollar una colaboración durante unos meses que se prolongó durante 30 años. Por la relevancia de sus trabajos sobre el factor de crecimiento nervioso recibió el Premio Nobel de Medicina el año 1986. En su viaje a Estocolmo para recibir este premio de manos del rey de Suecia, sorprendió por su elegancia y esbeltez y por sus modales aristocráticos. Tras haber cumplido los cien años, Rita sigue trabajando cada mañana en su laboratorio, mientras que las tardes las dedica a su fundación para ayudar a la escolarización de las niñas africanas. Y todavía le queda tiempo y fuerzas para oponerse a la política de Berlusconi de recortes de financiación científica desde su posición de senadora vitalicia. Evidentemente ella ha descubierto el secreto de la regeneración celular y se lo aplica a sí misma: proclama que la pasión por su trabajo es lo que la mantiene viva y activa.

Una dama de la alta burguesía francesa del XVIII, una aristócrata revolucionaria rusa del XIX, una actriz de Hollywood de los años 40 del XX, una veterana y elegante senadora italiana de comienzos del XXI....Las herederas de Hipatia han sido muy numerosas y han trabajado en todas las áreas de la ciencia. Para que el legado de Hipatia siga vivo hace falta que otras muchas sigan su estela en el futuro.

Bibliografía

El legado de Hipatia, Margaret Alic, 1991 Siglo XXI Editores

Las científicas y su historia en el aula, María Álvarez-Lires, Teresa Nuño, Nuria Solsona, Ed. Síntesis Educación, 2003.

Las damas del laboratorio, M.J. Casado, Ed. Debate, 2006.

Mujeres Premio Nobel, Ulla Fölsing, Alianza Editorial 1992.

Hipatia, Clelia Martínez Maza, La Esfera de los libros, 2009.

Marie Anne Paulze Lavoisier: The mother of modern Chemistry. C. T. Eagle, J. Sloan, Chemistry and History, vol 3, pg 1430.

Vida y obra Matemática de Sofía Kovalevskaia, P. Saavedra, Ed. Anthropos, 2004.

Hipatia de Alejandría fue una filósofa y matemática del siglo IV, que pasó a la historia por su trágica muerte a manos de monjes cristianos. Le precedieron otras muchas mujeres y tuvo muchas herederas como Marie Anne Paulze, más conocida como Madame Lavoisier, nacida en Francia en el siglo XVII, Sofía Kovaleskaia matemática rusa que vivió en el XIX, la inventora Hedy Lamarr, austriaco-norteamericana que vivió en el XX, o Rita Levi-Montalcini, bioquímica italiana aún en activo a pesar de que acaba de cumplir cien años.

*Ángeles y demonios de la biotecnología vegetal:
Qué ofrece y qué problemas plantea.*

MERCEDES GARCÍA GONZÁLEZ Y FEDERICO VALVERDE ALBACETE

Contenidos: Introducción a la biotecnología de plantas, retos de la biotecnología vegetal, respuestas y desventajas del uso de la ingeniería genética en plantas.

Objetivos: Concienciar que los grandes problemas de la humanidad del siglo XXI necesitan de un cambio drástico en cómo la sociedad se relaciona con su entorno. Mostrar cómo la agricultura moderna puede dar respuesta a estos problemas mediante el empleo racional de los recursos y de la "ciencia con conciencia". Reflejar el efecto sobre la sociedad y su entorno que lleva emparejado estos cambios.

1. Introducción:

En el año 2050 la población mundial alcanzará por primera vez en su historia la escalofriante cifra de diez ceros, es decir diez mil millones (10.000.000.000) de personas. Nos encontramos por tanto en una situación en la que la finita dimensión del mundo se enfrentará a la infinita ambición humana. Si no hacemos nada para evitarlo el mundo tiene la batalla perdida y paradójicamente, perdemos todos. La superpoblación humana está en la raíz de los grandes problemas a los que se enfrenta la humanidad en el principio del tercer milenio: el calentamiento global provocado por el exceso de gases de efecto invernadero, la crisis provocada por la demanda creciente de recursos energéticos y la falta de alimentos para esta desbordada población. Estos problemas crean tensiones entre sociedades que, resumiendo en pocas palabras la sabiduría acumulada durante siglos, podrían concretarse en: "Si no hay pan, hay guerra". La agricultura está por tanto obligada a sufrir uno de los cambios más radicales en su historia para responder a estos retos y la biotecnología vegetal aparece como la única solución razonable para abordarlos con cierto grado de éxito.

2. Contenidos:

2.1. Definición: La biotecnología vegetal puede definirse a *grosso modo* como el empleo de organismos, células y tejidos vegetales o compuestos obtenidos a partir de ellos, para la producción de bienes y servicios útiles para el hombre. Esto no es nuevo. El hombre es hombre porque aprendió a cultivar las plantas, se asentó en los valles fértiles y formó ciudades y civilizaciones. El exceso de producción, provocado por plantas cada vez más adaptadas a los climas y a las necesidades humanas, permitió abandonar la dependencia de la búsqueda de comida y dedicarnos a otras actividades que nos separan del resto de los animales como las artes, la política o las ciencias. Esto es biotecnología vegetal. El hombre que encontró las primeras especies de trigo en Turquía, los ancestros del maíz (el teosinte) en América Central y el arroz en las llanuras monzónicas asiáticas observó durante generaciones su crecimiento, cruzó y seleccionó las mejores plantas para incrementar el rendimiento de sus cosechas. De igual manera que se han elegido artificialmente las mejores variedades para constituir fondos genéticos o germoplasmas, uno de los mayores tesoros mundiales, tenemos la capacidad actual, derivada del bastísimo conocimiento científico acumulado en biología vegetal en los últimos cien años, de crear variedades específicamente modificadas en

nuestro beneficio. Esto es cometido de la biotecnología vegetal moderna, gracias a la cual podemos manipular de manera mucho más eficaz diferentes rasgos útiles para nuestros cultivos como la resistencia a plagas, mejora de las propiedades nutricionales, maduración y calidad de los frutos, producción de fármacos y otros productos de interés industrial,...



Figura 1. Arroz dorado. Frente al arroz tradicional (izquierda) el arroz dorado (derecha) supone un esfuerzo internacional de científicos, gobiernos y empresas para introducir genes en el arroz mediante ingeniería genética que permitan la síntesis en la semilla de precursores de la vitamina A. Su consumo en países asiáticos ayuda a evitar defectos en niños causados por la falta de esta vitamina como ceguera, malformaciones o incluso la muerte. Elaboración propia.

2.2. Retos: Nos centraremos en tres grandes problemas que la biotecnología vegetal puede ayudar a paliar: la superpoblación, el cambio climático y la crisis energética.

2.2.1. Superpoblación y alimentos. Tras el aumento espectacular en la productividad de las cosechas que supuso la llamada "revolución verde" de mediados del siglo XX, el rendimiento de los cultivos de grano en los que se sustenta la humanidad (arroz, maíz y trigo) ha sufrido un estancamiento desde la década de los años 90 del siglo pasado. La demanda de alimentos de la creciente población mundial forzará a que a mediados de siglo haya que aumentar la productividad de las cosechas al doble y esto no puede conseguirse con métodos agrarios tradicionales. Sin embargo, y a pesar de los numerosos esfuerzos internacionales para introducir técnicas de ingeniería genética en la mejora de los cultivos más importantes (como el caso del famoso arroz dorado), su empleo no ha alcanzado las expectativas previstas. El recorte de los presupuestos en investigación agraria y el rechazo social, promovido por sectores "conservacionistas" sobre todo en Europa ha limitado su expansión.



Figura 2. Distribución mundial de cultivos transgénicos en el año 2007. Se muestran en verde los países que tienen 100.000 hectáreas o más dedicadas a cultivos transgénicos, principalmente maíz, soja y algodón. En 2007, el área de cultivos biotecnológicos en el mundo creció un 12% hasta alcanzar los 114,3 millones de hectáreas. Aproximadamente 12 millones de agricultores cultivan en todo el mundo semillas modificadas genéticamente. Fuente: ISAAA (*International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications*).

2.2.2. Crisis energética. El desarrollo desmesurado de la humanidad lleva dos siglos manteniéndose mediante el despilfarro de energía fósil almacenada en forma de carbón, gas y petróleo, producto de millones de años de transformación de materia vegetal. Se trata de energía solar y esqueletos carbonados acumulados por los organismos fotosintéticos (principalmente microalgas) mucho antes de la aparición del hombre. Su empleo masivo para el consumo, la industria y el transporte libera millones de toneladas de CO₂ y otros gases nocivos, a la vez que merma, de manera cada vez mayor, reservas que en el futuro podrían aprovecharse con mayor eficiencia. El uso abusivo de estos combustibles fósiles requiere un cambio en nuestro planteamiento energético actual en busca de recursos renovables.

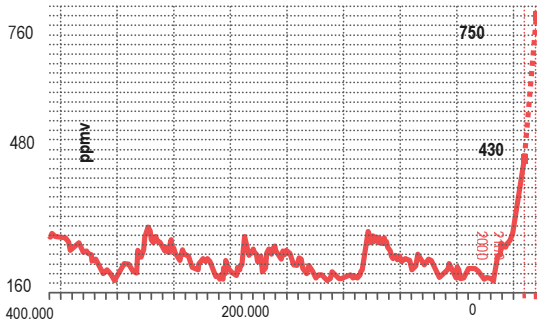


Figura 3. El calentamiento global. La figura muestra la concentración de CO₂ en la atmósfera en los últimos 400.000 años y predicciones hasta 2100. Nótese como las predicciones para los últimos cien años multiplican la concentración de dióxido de carbono casi 5 veces. Esto provocará un efecto invernadero cuyo resultado más inmediato será el aumento de las temperaturas medias en todo el mundo. Fuente: *The Atlas of Climate Change*. Down and Downing, Ed. Earthscan, Myriad Editions, Brighton, K, 2006

2.2.3. Calentamiento global. La temperatura en el siglo XX aumentó de media 0,55 grados centígrados y se calcula que la Tierra podría calentarse 4 grados más durante este siglo si no se reducen las emisiones causadas por los combustibles fósiles. Este aumento en la temperatura traerá efectos dramáticos: los niveles del mar aumentarán, inundando las áreas costeras; las olas de calor serán frecuentes e intensas, generando sequías e incendios forestales; los mosquitos y otros insectos portadores de enfermedades expandirán su zona de distribución; se extinguirán especies sensibles. Estos efectos provocarán una pérdida entre el 5 y el 20% anual de PIB mundial a lo largo de este siglo. En cambio, los costes de actuar exigirían movilizar alrededor del 1% del PIB mundial, lo que exige tomar medidas mundiales inmediatas.

2.3. Soluciones. La biotecnología vegetal puede ofrecer soluciones diversas para paliar los efectos negativos derivados de los problemas anteriores.

2.3.1. Mejora de la productividad y calidad agraria. Los cultivos modificados más extendidos son los que portan resistencia a herbicidas e insectos que implican mayor productividad de las cosechas, menor contaminación ambiental por herbicidas y pesticidas y abaratamiento de la producción en mano de obra y maquinaria. En estudio o prueba a gran escala se encuentran cultivos de calidad mejorada, caso del arroz dorado, semillas con contenido en aminoácidos más acorde con la necesidad humana, producción de anticuerpos o fármacos,... En cualquier caso, la producción de los cultivos modificados es una solución barata y sostenible, especialmente para los países en desarrollo.

2.3.2. Combustibles renovables. Además de aumentar la inversión en energías renovables como la solar o la eólica, existe un enorme interés por los biocarburantes y la biomasa. Los biocarburantes son principalmente bioetanol, procedente de la fermentación de cultivos tradicionales como maíz, trigo o la caña de azúcar y biodiesel, generados a partir de aceites vegetales reciclados o procedentes de cultivos como la palmera de coco, soja o colza. Sin embargo, la competencia por materias primas de uso alimentario hace necesario buscar fuentes alternativas de biomasa. El interés se centra en encontrar nuevos cultivos que no compitan por recursos como el terreno o el agua con especies de consumo humano, como es el caso del arbusto de fruto oleaginoso *Jatropha*, que se está plantando en varios países africanos y asiáticos. El mayor interés reside, sin embargo, en poder emplear biomasa de desecho, rica en restos lignocelulósicos para su fermentación y transformación en biocombustibles. Estos desechos proceden, principalmente, de los restos vegetales de las cosechas tradicionales o del empleo sostenible de recursos madereros como ocurre en varios países escandinavos.

2.3.3. Eliminación del CO₂ ambiental. Los organismos fotosintéticos suponen los mejores secuestradores del dióxido de carbono atmosférico procedente de la combustión de los carburantes fósiles. Además, generan de nuevo biomasa susceptible de transformarse en biocombustible, cerrando un ciclo óptimo para el aprovechamiento energético. Las mayores expectativas se centran en el empleo de microalgas, los organismos que más eficientemente fijan CO₂, generando a su vez productos de interés industrial. En un caso paradigmático de aprovechamiento sostenible, las algas podrían generar el biocombustible necesario para la industria que ayudan a descontaminar, con la que el ciclo industrial del dióxido de carbono se asemejaría a los ciclos terrestres.



Figura 3. Una industria sostenible. La empresa israelí Seabiotic tiene en uso una planta piloto para el consumo de CO₂ procedente directamente de las chimeneas de una fábrica de electricidad de la *Israeli Electric Company*. El alga, del género *Nannochloropsis*, produce un 30% de lípidos por gramo de biomasa y se emplea para la producción de biodiesel. La fotografía muestra como el gas carbónico sale de la industria por un conducto (esquina inferior derecha) que está conectado directamente a los biorreactores abiertos de agua salada donde crece el alga, que se recoge posteriormente para su procesamiento. Imagen cedida por Ami Ben-Amotz .

3. Conclusión:

El potencial de la biotecnología vegetal reside en ofrecer unos beneficios contrastados a precios justos que ayuden tanto a las empresas como al desarrollo y modernización de las economías desde un punto de vista de respeto al medio ambiente contando con requisitos de seguridad probados. La disputa social sobre los riesgos de los organismos modificados genéticamente carece de sentido si se cumplen las mínimas condiciones de control que se exigen a toda la producción científica actual, mucho más exigente que cualquier prueba a la que se someten la mayoría de los productos que consumimos en las sociedades avanzadas. Ahora bien, el implemento de medidas que ayuden a paliar los problemas tratados en este artículo implica cambios sociales profundos relacionados con nuestra capacidad de interaccionar con el medio ambiente, que debe ser mucho más respetuosa y sostenible. Además debe cambiar nuestro hábito de uso de las energías y estar dispuestos a que ello encarezca el precio de los productos, al menos hasta que el uso de energías renovables se extienda en todo el mundo. La biotecnología vegetal es una más de las herramientas y nuevos hábitos que tendremos que aportar a la agricultura tradicional si queremos que la creciente humanidad pueda vivir sin conflictos graves en el siglo que acabamos de empezar.

4. Para leer más:

- Antonio Benítez Burraco. Avances Recientes en Biotecnología Vegetal e Ingeniería Genética de Plantas. Editorial Reverté, S.A. Barcelona, 2005. ISBN-84-291-1003-8.
- Biotecnología y Medio Ambiente. Editado por la Sociedad Española de Biotecnología. Comité editorial: Ignacio Casal; José Luis García; José Manuel Guisán; José Miguel Martínez-Zapater; Fernando Rojo. Depósito Legal: M-29238-2004.
- Introducción a la biotecnología. Publicado por la Fundación Antama. Información de nuevas tecnologías en la agricultura (<http://www.fundacion-antama.org>).

Plantas más sanas para una agricultura sostenible

FERNANDO DE LA TORRE FAZIO Y TERESA RUIZ PÉREZ

Contenidos: Se muestra cómo una aplicación responsable de un aspecto concreto de la ciencia actual, cómo es la biología molecular aplicada a la producción vegetal, puede contribuir una gestión sostenible del planeta y a hacer frente al uno de los retos más acuciantes del futuro próximo, la alimentación de la creciente población mundial.

Objetivos: Pretendemos proporcionar información científica de primera sobre uno de los temas científicos de mayor debate en la actualidad, los OMG y fomentar la discusión constructiva y el interés por conocer más, siendo conscientes de su importancia.

1. Introducción:

Durante los últimos 50 años la población mundial se ha multiplicado por 2,5 con el consecuente incremento en la demanda de alimentos. En el año 2000, y con el fin de erradicar la pobreza mundial, los 192 países pertenecientes a la Organización de las Naciones Unidas (ONU) establecieron los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio. De estos objetivos, el primero es “**Erradicar la pobreza extrema y el hambre**” y en este ámbito la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación) propone el incremento de las producciones agrícolas con la búsqueda de variedades vegetales nutricionalmente valiosas y ambientalmente respetuosas.

En las últimas décadas la Biotecnología Vegetal, gracias a los grandes avances en Genética y Biología Molecular, ha permitido el desarrollo de diferentes líneas de investigación centradas en diversos aspectos de interés agronómico y alimentario. Entre ellas podemos destacar las centradas en la búsqueda de variedades con mayor productividad, resistentes a diferentes tipos de estrés abiótico (salinidad, desecación, etc) o variedades resistentes a plagas causadas por diferentes tipos de organismos (virus, bacterias, hongos nemátodos, herbívoros, etc).

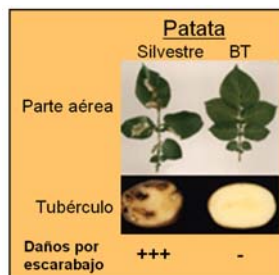
Tradicionalmente, la lucha contra las plagas se había llevado a cabo mediante la introducción en las variedades cultivadas de genes de resistencia usando técnicas de genética clásica y la aplicación masiva de compuestos químicos generalmente costosos y medioambientalmente tóxicos. Las modernas técnicas de Biología Molecular han permitido crear plantas transgénicas capaces de sintetizar insecticidas y compuestos con actividad antimicrobiana. Además, se ha conseguido que las plantas expresen sustancias derivadas del patógeno capaces de interrumpir el proceso infectivo logrando de esta forma una “vacunación” del cultivo. Otras aproximaciones han tenido como objetivo incrementar la sensibilidad de la respuesta de la planta hacia el patógeno amplificando así sus mecanismos naturales de defensa.

A continuación se describen algunos ejemplos de la aplicación práctica de la biotecnología en la lucha contra las plagas que dañan las cosechas y por tanto afectan a la disponibilidad de recursos alimentarios.

2. Ejemplos

2.1 Patatas que resisten a escarabajos

El cultivo de la patata es uno de los principales a nivel mundial y base de la alimentación en muchos países, fundamentalmente en el tercer mundo. Hoy en día uno de las principales plagas que afectan a este cultivo es el “escarabajo de Colorado” que daña las partes aéreas de las plantas y sus tubérculos. En 1995 la compañía Monsanto comenzó la comercialización de la variedad transgénica *NewLeafTM* que había sido manipulada con el fin de que estas plantas expresaran la proteína Cry3A de la bacteria *Bacillus thuringiensis* en respuesta a la presencia del escarabajo. Esta proteína (también denominada endotoxina-BT), al pH del sistema digestivo del insecto, da lugar a una toxina que provoca la ruptura del gradiente electroquímico de protones y la consecuente muerte del insecto. El cultivo de esta variedad de patata se ha extendido a numerosos países permitiendo una mejora en las cosechas y una reducción del 40% en el uso de insecticidas.



Composición del autor

Las toxinas BT de *Bacillus thuringiensis* han sido utilizadas también para la obtención de otras variedades vegetales resistentes como el algodón *BollgardTM* resistente a orugas que atacan la cápsula y frente al gusano bellotero (*Helicoverpa zea*) y el gusano rosado (*Pectinophora gossypiella*). Igualmente de gran impacto es la utilización de maíz BT que permiten controlar el desarrollo de la larva del taladro del maíz europeo (*Ostrinia nubilalis*) salvando anualmente millones de toneladas de alimento. Actualmente existen numerosas líneas de investigación enfocadas en la “tecnología BT” con el fin de obtener plantas resistentes a distintas plagas.

2.2 Papayas transgénicas inmunes a los virus

El cultivo de papaya y su posterior comercialización suponen la principal renta de extensas regiones de países como Brasil, Colombia o Venezuela. Estos cultivos se encuentran dramáticamente afectados por la destrucción originada por el virus del moteado de la papaya (PSRV) que es capaz de destruir rápidamente grandes extensiones de cultivo. En 1992, un grupo de investigación en la Universidad de Hawai dirigido por el Dr. Dennis Gonsalves llevó a cabo estudios en los que se obtuvieron plantas transgénicas de papaya que expresaban la proteína CP de la cubierta del virus PSRV. Dichas plantas resultaron ser resistentes al efecto de los virus y por tanto capaces de generar grandes cosechas.

Actualmente el 40% de las plantaciones de papaya de Hawai y el 50% de los frutos provienen de variedades transgénicas resistentes al virus PSRV. Sin embargo, casi 20

años después, numerosos países productores siguen sin permitir el cultivo de estas variedades transgénicas.



Fuente: andresriveiro.wordpress.com

2.3 Mayores cosechas sin “malas hierbas”

Uno de los principales factores que reducen las cosechas y complican su procesamiento proviene de las comúnmente denominadas “malas hierbas”, plantas que se desarrollan en las zonas de cultivo ricas en nutrientes y agua de forma parásita a los cultivos. Tradicionalmente, la eliminación de estas plantas en las explotaciones se realiza mediante el uso de potentes y contaminantes herbicidas que discriminan entre “malas hierbas” y los cultivos de interés. La biotecnología ha permitido la obtención de plantas transgénicas resistentes a herbicidas no específicos pero más respetuosos con el medio ambiente como glifosato o bromoxinil. De esta manera las áreas de cultivo son tratadas con estos productos sin afectar a los cultivos de interés eliminando las “malas hierbas”. La utilización de estos herbicidas es de gran interés puesto que no son tóxicos para los mamíferos dado que su acción está dirigida a bloquear rutas metabólicas específicas de plantas como la biosíntesis de aminoácidos esenciales.

Uno de los ejemplos más conocidos de planta resistente a herbicidas es el de la soja que es comercializada desde 1995 por la compañía Monsanto con el nombre de *Roundup ReadyTM* (resistente al herbicida *RoundupTM*). En el año 2006 esta variedad suponía ya el 89% de la superficie cultivada de soja a nivel mundial. Otros ejemplos de plantas resistentes a herbicidas los encontramos en especies como el algodón, la colza o el maíz.

3. Objetivos de futuro

En un futuro próximo, la biotecnología aplicada a la mejora de cultivos debería permitir la consecución de los siguientes objetivos para la mejora de la calidad de vida en los países subdesarrollados:

- 1- Incrementar la productividad agrícola en áreas actualmente en cultivo reduciendo el acoso a zonas ecológicamente valiosas.
- 2- Reducir las pérdidas poscosecha y aumentar el valor nutricional de los alimentos y en general la seguridad alimentaria.
- 3- Diseño de variedades que reduzcan el gasto energético asociado a los cultivos como combustibles, pesticidas o fertilizantes. De esta forma se mejorará la calidad ambiental y por tanto la de los agricultores en esas zonas.

4. Bibliografía

Antonio Benítez Burraco. Avances recientes en Biotecnología Vegetal e Ingeniería Genética de Plantas. Editorial Reverté. 2005.

M. Dickinson. Molecular Plant Pathology. Editorial Advanced Text- Bios Scientific Publishers New York. 2003.

5. Páginas web de interés

Existen multitud de sitios en internet con información de interés y actualidad sobre este tema. Algunas de ellas son:

FAO <http://www.fao.org>

American Plant Pathology society (ingles) <http://www.apsnet.org/>

Compañía Monsanto (español) <http://www.monsanto.es/>

Web divulgativa uso transgénicos <http://www.gmoafrica.org>

Materiales para el control del medioambiente

GERARDO COLÓN IBÁÑEZ

La creciente demanda de la sociedad para la descontaminación de efluentes industriales contaminantes (líquidos o gaseosos), materializada en restricciones cada vez más estrictas, ha impulsado, en la última década, al desarrollo de nuevas tecnologías para el control del medioambiente.

En este contexto, a principios de los años 90 la EPA (Agencia de protección del medioambiente de Estados Unidos) trabaja para ayudar a los Químicos y a la Industria Química para la prevención de la contaminación ambiental. Surge entonces la denominada **QUÍMICA VERDE** cuyas bases se recogen en 12 principios básicos. La química verde es el uso de la química para prevenir la contaminación. En particular, la química verde es el diseño de productos o procesos que reducen o eliminan el uso o la producción de sustancias peligrosas.

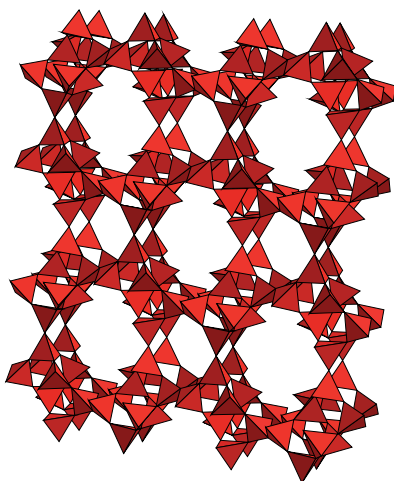
Si bien la **CATÁLISIS** aparece recogida de forma explícita en uno de esos principios fundamentales, es posible decir que esta disciplina de la química estaría involucrada en la mayor parte de los principios que rigen la Química Verde, hasta el punto de que ha sido considerada el pilar fundamental de la Química Verde.

Control de la polución en combinación con procesos industriales

• **Pre-tratamiento → reduce la cantidad de desechos/cambio de composición de emisiones**

Post-tratamiento → una vez formados, reduce y convierte las emisiones

Elaboración propia



Elaboración propia

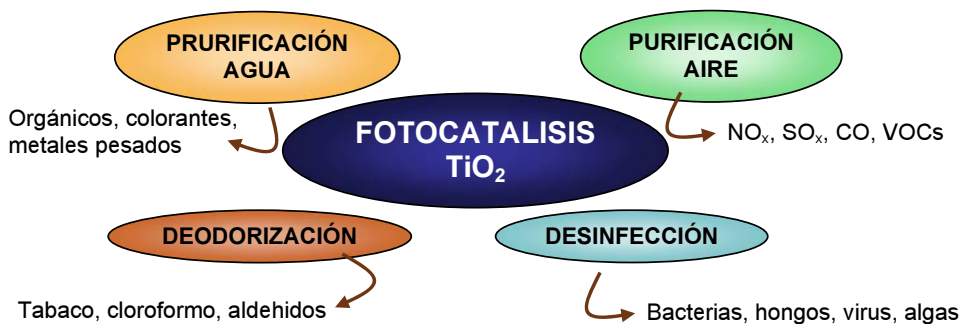
Las aplicaciones de la Catálisis a los procesos industriales son enormemente extensas y podemos encontrarlas en la mayoría de ellos. Por tanto, el diseño de los materiales con actividad catalítica específica constituye uno de los aspectos más interesantes de la Catálisis. Uno de los mayores objetivos de la Catálisis es el diseño de catalizadores que presenten una perfecta selectividad y una adecuada actividad catalítica.

En este sentido, la **NANOTECNOLOGÍA** ofrece un gran potencial para diseñar, sintetizar y controlar a escala nanométrica estos materiales. Así, en la síntesis de un catalizador sería deseable tener un control completo sobre la formación de sitios activos, el entorno de dichos centros, los

tipos de enlace, la localización de los mismos y la forma de funcionalizar estos centros. En definitiva, tener el control completo desde una escala atómica hasta unos cientos de nanómetros.

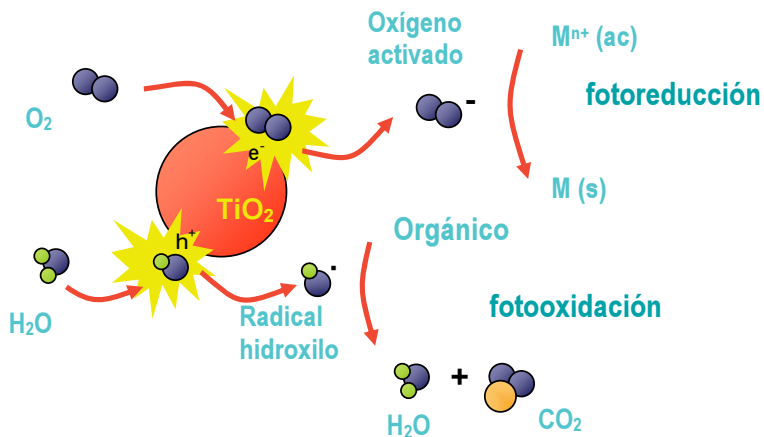
Uno de los ejemplos más interesantes del diseño de un catalizador para una aplicación concreta de gran complejidad es el que se refiere a los catalizadores de tres vías (TWC) o de postcombustión. El catalizador de tres vías es actualmente la forma de depuración de gases de escape más eficiente, segura y fiable disponible para motores de gasolina. Como su nombre indica, el catalizador de tres vías convierte tres contaminantes, concretamente hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NOx) en gases menos nocivos. Así, pueden reducir el monóxido de carbono (CO) en un 90%, los hidrocarburos (HC) en un 80% y el óxido nitroso (NOx) en un 90%. Son catalizadores complejos cuyo diseño permite tener estos altos niveles de conversión y selectividad en condiciones tan extremas como serían las del tubo de escape de un vehículo.

Por diversas razones, el proceso de tratamiento y purificación de efluentes mediante FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA con dióxido de titanio como catalizador es, hoy por hoy, una de las aplicaciones dentro de las Tecnologías Avanzadas de Oxidación (TAOs), que más interés ha despertado en la comunidad científica. Entre las aplicaciones descritas en la bibliografía científica, además de la purificación de efluentes líquidos y gaseosos, se encuentran aspectos tan interesantes como la desinfección o la desodorización.



Elaboración propia

La Fotocatálisis heterogénea es un proceso que se basa en la absorción directa o indirecta de energía radiante (luz visible o UV) por un sólido (fotocatalizador, que normalmente es un semiconductor de banda ancha). En este proceso de fotoactivación, se generan los portadores de carga (electrones y huecos) que podrán migrar a la superficie del catalizador. En la superficie del sólido (interfase sólido-líquido o sólido-gas) tienen lugar reacciones tales (oxidación/reducción) que pueden conducir a la degradación de contaminantes, sin que el catalizador sufra cambios químicos.



Elaboración propia

Actualmente, el principal reto de la Fotocatálisis Heterogénea es la de mejorar las eficiencias de los sistemas fotocatalíticos. El óxido de titanio (TiO_2) es considerado como el fotocatalizador por excelencia. Sin embargo, este óxido es un semiconductor que absorbe radiación en el rango del UV, lo que supone un desaprovechamiento de toda la parte visible del espectro solar. Desde este punto de vista, es evidente que el diseño y desarrollo de fotocatalizadores alternativos al TiO_2 es de un interés considerable. Ello pasa, entre otros, por modificaciones en el proceso de síntesis que conduzcan : i) a la generación de partículas de fotocatalizadores de tamaño nanométrico; ii) a modificaciones superficiales que mejoren la eficiencia en las transferencias de cargas y en la capacidad de adsorción de contaminantes; iii) a la incorporación de iones de metales de transición tanto en la estructura del TiO_2 (dopado) que mejoren la respuesta espectral de absorción en el visible; iv) a la inmovilización de fotocatalizadores altamente reactivos que mejoren los problemas de filtración y permitan su uso en el tratamiento de gases.

Recientemente los esfuerzos más importantes en el campo de La Fotocatálisis se centran por un lado en el desarrollo de sistemas fotoactivos en el visible, que permitan la utilización de la radiación solar. Por otro lado, gran bloque de investigación de gran interés tecnológico es el dedicado a la producción de hidrógeno mediante la reacción de "water splitting". Este reacción es la inversa a al mecanismo fotosintético y permite la rotura de la molécula de agua mediante reacción redox inducida por irradiación solar.

Son muchos los retos pero también son muchas las posibilidades que nos ofrece la química para el control del medioambiente. De esta forma, es necesario cambiar la concepción de la química como algo en contra del desarrollo sostenible. La Catálisis ha de jugar un papel de vital importancia en este sentido. La próxima generación de catalizadores debe contribuir a lograr límites de emisión cero así como al empleo eficiente selectivo de la energía en las reacciones químicas. Los procesos vendrán determinados igualmente por el desarrollo de estos materiales y se propondrán procesos catalíticos biomiméticos, que utilicen fuentes de energía limpia y que incluso puedan almacenarla, mejoras en la calidad del agua y del aire.

Bibliografía

1. P.T. Anastas and J.C. Warner, "Green Chemistry: Theory and Practice", Oxford University Press, Oxford, 1998.
2. H.H. Kung and M.C. Kung, *Catalysis Today*, 97, (2004), 219-224
3. "Eliminación de contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea". Ed. M.A.Blesa and B.Sánchez. CIEMAT, Madrid (España), 2004.
4. G. Colón, C. Bolver, M. Fernández-García. "Nanostructured Oxides in Photocatalysis", in: *Synthesis, Properties and Application of Oxide Nanomaterials*. Eds. M.Fernández-García, J.A.Rodríguez. Wiley, USA, 2007. Chapter 17.

Nanociencia y nanotecnología para el control de la luz

HERNÁN RUY MÍGUEZ GARCÍA

Resumen: En esta charla se realizará una introducción didáctica a la nanociencia y la nanotecnología, poniendo especial énfasis en la comprensión de las escalas de longitud involucradas, los retos científicos y tecnológicos a los que nos enfrentamos, y la importancia que el desarrollo de la investigación en nanomateriales y nanodispositivos tiene para la sociedad. En particular, se explicarán distintos avances en la realización de estructuras que permiten un mejor control de la propagación, la absorción y la emisión de la luz llevados a cabo en el grupo de Nanomateriales Ópticos del Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla.

La nanociencia ofrece respuestas interesantes a algunos de los problemas de mayor relevancia actualmente en el campo de la fotónica, lo que impacta a su vez en otros campos tales como energía solar, detección de compuestos tanto de interés biológico como perjudiciales para el medio ambiente, o protección contra la radiación ultravioleta. Desde su creación en 2007, el grupo de Nanomateriales Ópticos del ICMSE ha desarrollado distintos tipos de nuevos materiales de aplicación en estos campos, de los que se mostrarán ejemplos en esta charla. A manera de introducción, se definirán algunos de los conceptos básicos de la nanociencia y la nanotecnología y se mostrará el panorama general de la actividad relacionada dentro del campo de la fotónica, con énfasis especial en los desarrollos realizados en España en los últimos años.

Células solares más eficientes integrando nanomateriales ópticos

Una célula solar es un dispositivo que convierte la luz del sol en electricidad de forma tal que la corriente generada pueda ser aprovechada para alimentar distintos tipos de aparatos eléctricos. Cada metro cuadrado de la superficie de la tierra recibe 1000 W de potencia lumínica del sol en las horas de máxima iluminación. Las celdas solares de silicio, las más utilizadas en paneles solares hoy en día, aprovechan hasta un 15% de esa energía. Esta tecnología es cara y los investigadores llevan años buscando células solares alternativas de bajo coste. Una de las tecnologías fotovoltaicas más prometedoras es la basada en colorantes y nanopartículas de TiO_2 . El interés de esta tecnología se debe tanto a motivos económicos como a otras propiedades que le otorgan un valor añadido, tales como su semi-transparencia, lo que abre la posibilidad de integración en ventanas, la posibilidad de fabricar módulos flexibles, su alta eficiencia en condiciones de baja iluminación (interiores) o la posibilidad de modificar su color, lo que es relevante por motivos estéticos. Este dispositivo integra componentes nanométricos.

Uno de los principales avances en este campo ha sido recientemente llevado a cabo en el ICMSE, y ha consistido en la integración de un espejo formado por nanopartículas de distinto tipo en el interior de la célula solar. Este espejo combina dos propiedades que no es común encontrar juntas: es altamente reflectante y a la vez poroso. Esta nueva tecnología es altamente reproducible y ha sido ya probada en celdas fabricadas en distintos laboratorios con un gran éxito, obteniéndose aumentos de eficiencia de hasta el 40% con respecto al valor de la celda sin espejo. En la figura 1 se muestra la estructura

de unos de estos espejos observada en un microscopio electrónico de barrido. La Figura 2 muestra un esquema de la celda solar que integra uno de estos espejos.

Protectores de radiación flexibles y adherentes

Uno de los desarrollos más prometedores del grupo de nanomateriales ópticos del ICMSE es el de nuevos espejos flexibles, biocompatibles y adherentes capaces de reflejar selectivamente un rango de frecuencias. Estos espejos son el resultado de combinar multicapas de nanopartículas con polímeros flexibles capaces de rellenar poros de tamaño nanométrico, lo que confiere a la estructura sus propiedades mecánicas. Esto permite proteger contra la radiación deseada una superficie de curvatura arbitraria. Uno de los principales campos de aplicación de estos materiales se encuentra en el ámbito de la protección de la piel contra radiación ultravioleta. La Figura 3 muestra un espejo flexible diseñado para que refleje con alta eficiencia colores rojos y anaranjados.

Sensores basados en nanomateriales ópticos

Los nanomateriales ópticos que presentan poros a escala nanométrica presentan también la atractiva propiedad de responder gradualmente a cambios en su entorno, lo que permite considerarlos como la base de futuros sensores ópticos de distintos compuestos. En el ICMSE hemos desarrollado distintos tipos de materiales ópticos en forma de lámina con estas propiedades. Las figuras 1 y 4 muestran secciones en donde puede apreciarse algunos de los distintos tipos de estructuras porosas logradas. La clave del funcionamiento de estos materiales es que pueden llenarse gradualmente con el compuesto a detectar, lo que da lugar a un cambio gradual del índice de refracción del poro y por tanto del color reflejado por el mismo. Este cambio de respuesta óptica se ilustra en la figura 4.

Agradecimientos

Todos los resultados que aquí se resumen forman parte del trabajo de las tesis doctorales de Silvia Colodrero y Carmen López (células solares), Nuria Hidalgo y Stella Kocanis (sensores), Olalla Sánchez-Sobrado (materiales luminiscentes), Gabriel Lozano y Agustín Mihi (análisis de propiedades ópticas), así como del trabajo postdoctoral de Mauricio Calvo (espejos flexibles, espejos fotoconductores). A todos ellos mi más sincero agradecimiento. Mi agradecimiento también a mis colaboradores Manuel Ocaña y Nuria Nuñez, integrantes del grupo de Nanomateriales Ópticos.

Figuras

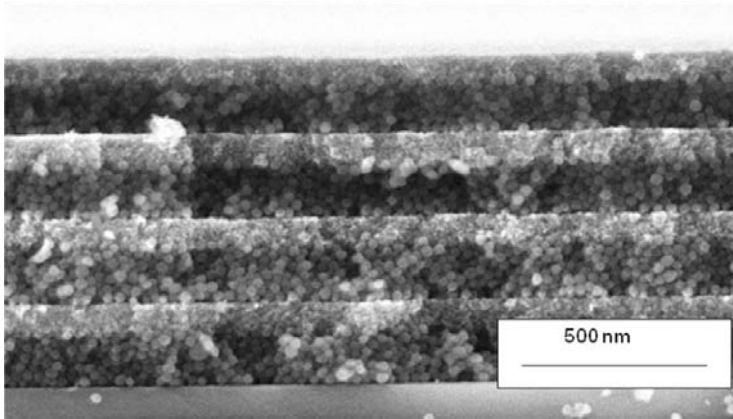


Figura 1. Imagen de microscopía electrónica de barrido de una sección transversal de un espejo formado por multicapas de nanopartículas. Se aprecia la porosidad de tamaño nanométrico que se genera como consecuencia del apilamiento de las capas. (Imagen reproducida con permiso. Extraída de *Langmuir* **2008**, *24*, 4430)

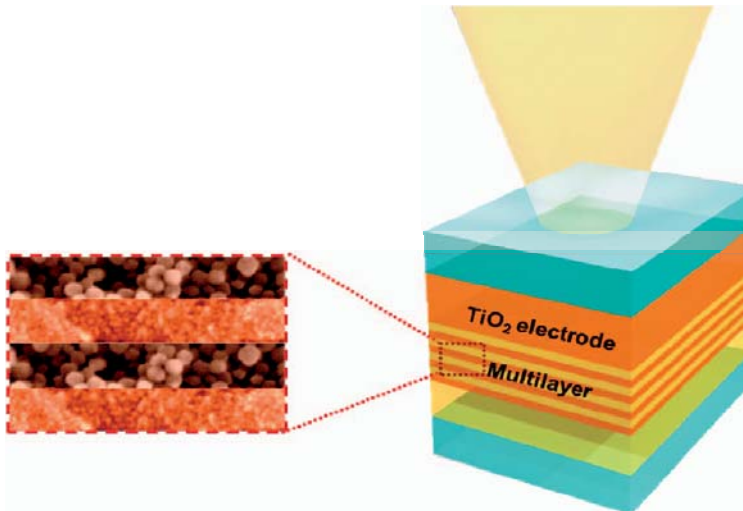


Figura 2. Esquema en el que se ilustra la integración de un espejo formado por nanopartículas en una célula solar de colorante. (Imagen reproducida con permiso. Extraída de *Advanced Materials* **2009**, *21*, 764)



Figura 3. Fotografías de espejos flexibles formados por capas de nanopartículas cuyo espacio intersticial ha sido rellenado con un polímero. El color del mismo puede modificarse a través del grosor de las capas que la forman. (Imágenes reproducidas con permiso. Extraídas de *Journal of Materials Chemistry* **2009**, *19*, 3144)

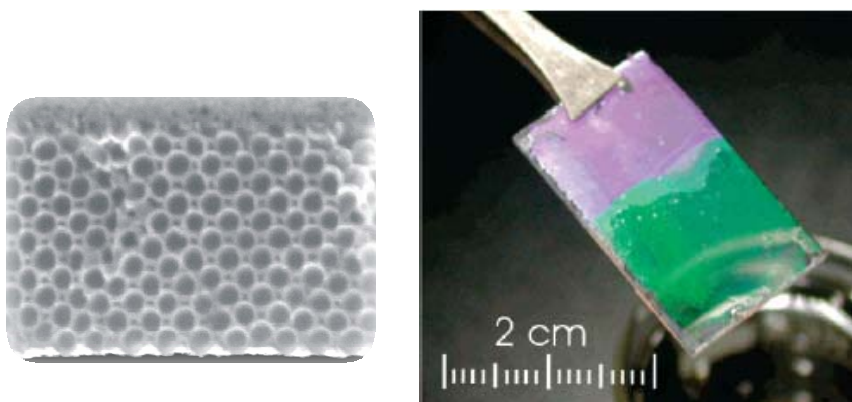


Figura 4. A la izquierda, imagen de microscopía electrónica de barrido de una sección transversal de un espejo formado por cavidades esféricas ordenadas en una matriz de óxido de titanio. A la derecha, ejemplo de la modificación de la respuesta óptica de este espejo al ser infiltrado con etanol. Se puede observar cómo, al mojarse, pasa de reflejar el color violeta al verde. (Imagen reproducida con permiso. Extraída de *Journal of Physical Chemistry* **2008**, *112*, 13)

Importancia de la Química en la sociedad actual (desarrollo sostenible y nuevas aplicaciones)

ANTONIO PIZZANO MANCERA

Vivimos en un mundo material, toda la materia que conocemos, ya sea sólida, líquida o gaseosa está constituida por compuestos químicos. Éstos, a su vez, están compuestos por elementos químicos (por ejemplo el oxígeno, el carbono, el hidrógeno, etc.). En consecuencia, el conocimiento que tenemos de la materia se basa en la química. La química rige además la existencia de los seres vivos, ya que los procesos que ocurren en ellos están controlados por reacciones químicas.

La química es por otra parte la ciencia de la transformación y su aplicación ha permitido modificar el mundo que nos rodea. De este modo, a partir de fuentes naturales como el petróleo o los minerales, mediante reacciones químicas adecuadas, se ha conseguido obtener una inmensa diversidad de nuevos compuestos. Estas sustancias químicas han dado lugar a innumerables aplicaciones: plásticos, colorantes, fármacos, fibras textiles, colorantes, aromas, combustibles, componentes electrónicos, nuevas aleaciones...

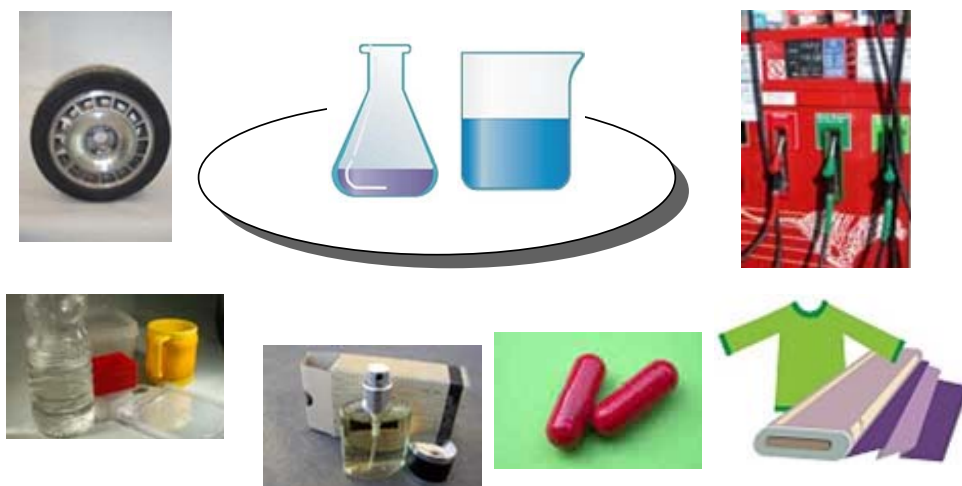


Figura elaborada a partir de imágenes del Banco de Imágenes y Sonidos del Ministerio de Educación.
<http://bancoimagenes.isftic.mepsyd.es/>

De estas consideraciones es fácil concluir que la química tiene una importancia capital en nuestra comprensión de la naturaleza y afecta de manera decisiva a nuestro modo de vida. Paradójicamente, esta disciplina padece una *percepción social negativa*, y es frecuente que una persona ajena a este campo la asocie sólo a referencias negativas como las relativas a la contaminación, la guerra química, e incluso la asocie a científicos poco responsables. Esta imagen negativa dificulta que la profesión de químico o la actividad de la industria química alcancen un reconocimiento social adecuado.

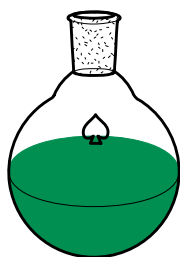
En 2008 la Asamblea General de las Naciones Unidas acordó celebrar en 2011 el Año Internacional de la Química (*International Year of Chemistry, IYC*) con el fin de

celebrar los logros de la química y su contribución al bienestar de la humanidad. Entre otros objetivos, el IYC pretende mejorar la percepción social de la Química y aumentar el interés de los jóvenes por ella. En esta misma línea, este texto de divulgación se ha planteado con estos objetivos.

Química Verde

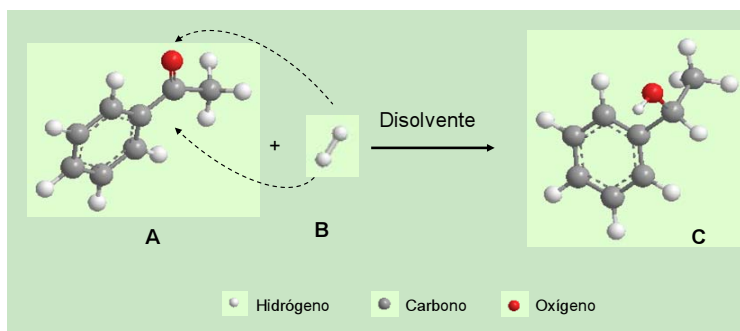
En la búsqueda de un desarrollo más respetuoso con el medio ambiente, la química tiene un papel extraordinariamente importante. Dado el enorme volumen material que mueven los procesos químicos, la minimización de los residuos y del coste energético de la actividad química tienen un impacto medioambiental muy importante. En la búsqueda de soluciones encaminadas a estos objetivos, en años recientes ha aparecido una nueva rama de la química denominada Química Verde (Green Chemistry).

Los principios de la Química Verde



- Evitar basura. Diseño de procesos químicos que no originen desechos que haya que tratar o limpiar.
- Uso de reactivos menos peligrosos que reduzcan accidentes (personales y medioambientales).
- Uso de reactivos que provengan de fuentes renovables.
- Uso de catalizadores.
- Diseño de productos degradables tras su uso.
- Análisis en tiempo real del impacto contaminante.

El objetivo primordial de la Química Verde es minimizar el impacto de las reacciones químicas, tanto a la escala de laboratorio como industrial. Puede preguntarse como puede hacerse esto. Por ejemplo, reduciendo los desechos que genera una reacción química. Para ello, supongamos una reacción química general. Dos compuestos A y B reaccionan para dar lugar a un producto C. La reacción necesita también de la presencia de un disolvente,



Elaboración propia

de manera que tenemos un medio líquido en el que se mezclan los reactivos y se genera el producto. La generación del producto puede ir acompañada de un subproducto. Para reducir el impacto medioambiental la reacción no debe producir subproductos, de manera que no sea necesaria la purificación de C. También es importante que requiera el mínimo aporte energético, idealmente que la reacción tenga lugar a la temperatura

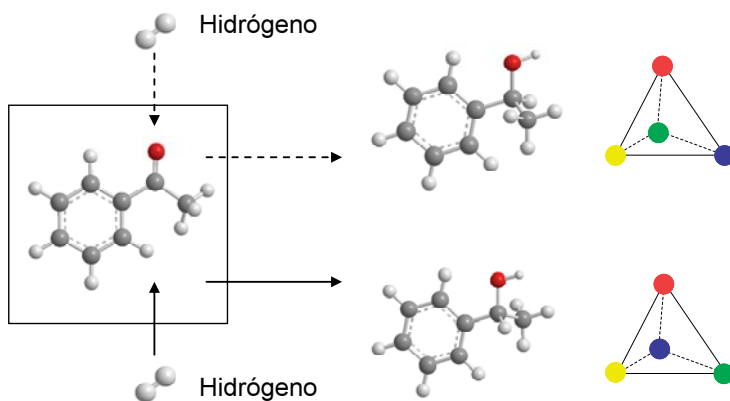
ambiente. Finalmente es deseable que puedan usarse disolventes benignos para el medioambiente.

En la misión de disminuir el impacto medioambiental que pueda tener la actividad química unas sustancias denominadas catalizadores tienen un papel fundamental. Un catalizador permite hacer reacciones químicas en condiciones más suaves, con menor aporte de energía, más limpias o a partir de reactivos más asequibles o más seguros. A partir de estas consideraciones es fácil concluir que el estudio de los catalizadores constituye uno de los ejes fundamentales de la investigación química en la actualidad.

Un ejemplo de nuevas aplicaciones: catalizadores y compuestos quirales

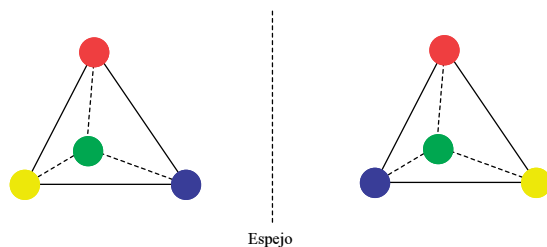
Existe una infinidad de campos a los que se dedica la investigación química en la actualidad. En el resto del texto comentaremos brevemente uno de los temas a los que se dedica la investigación en el Instituto de Investigaciones Químicas. En particular el estudio de catalizadores que permitan preparar compuestos químicos con una estructura controlada.

Los compuestos químicos, al igual que los objetos macroscópicos tienen una estructura, que determina sus propiedades y en definitiva su aplicación. Cuando se trata de aplicaciones que tienen que ver con la interacción con los seres vivos, la estructura de un compuesto tiene una importancia crítica. Consideremos la reacción del Esquema anterior. Es posible que el átomo de hidrógeno que se une al carbono lo haga por delante del plano del papel o por detrás. Resultan entonces los dos compuestos, que se representan en la figura siguiente. Aparentemente son iguales. ¿Pero realmente lo son?



Elaboración propia

Fijémonos en el átomo de carbono al que en la reacción se le ha unido el átomo de hidrógeno. Lo situaremos en el centro de un tetraedro, y cada uno de los grupos que están unidos a este carbono lo representaremos por un color diferente. Observemos los dos tetraedros que resultan, ¿son iguales? Al superponerlos para intentar hacer coincidir los colores podemos ver que no. Las dos Figuras tienen además una peculiaridad y es que una es la imagen en el espejo de la otra. Se dice de ellas que son quirales. Existe por tanto la misma relación que entre nuestras manos. No podemos hacerlas coincidir pero una coincide con la imagen en el espejo de la otra.



Elaboración propia

Sigamos con el razonamiento y supongamos ahora un guante, el de la mano derecha por ejemplo. Sabemos que se ajusta a su mano y no a la izquierda. Esta comparación nos permite visualizar la interacción entre un compuesto químico y un ser vivo, supongamos un fármaco y una persona. En nuestro caso el fármaco está representado por la mano y la persona (más propiamente la molécula de este que participa en la interacción, una proteína por ejemplo) está representada por el guante de la mano derecha. Si la molécula es como la mano derecha coincidirá y si es como la izquierda no lo hará. Además, para comprender la explicación, debe añadirse que el efecto beneficioso de un fármaco depende de un ajuste preciso del mismo con la molécula del receptor en el organismo.

Si consideramos la estructura de los compuestos farmacéuticos, muchos de ellos tienen imágenes especulares que no coinciden con ellos. Son por tanto compuestos quirales. Se ha observado que un compuesto y su imagen pueden dar lugar a respuestas totalmente diferentes. Por ejemplo uno puede ser beneficioso y el otro un compuesto tóxico.

Si en una reacción se genera un compuesto quiral es en general difícil prepararlo en ausencia del compuesto que es su imagen especular. Normalmente se producen mezclas de los dos compuestos. Mediante el uso de un tipo especial de catalizadores puede obtenerse selectivamente el compuesto deseado. Al estudio de este tipo de catalizadores se dedica una parte de la investigación del Instituto de Investigaciones Químicas.

Bibliografía

1. The Public Image of Chemistry: *International Journal for Philosophy of Chemistry* 2006, 12, 3.
2. Green Chemistry Principles: <http://www.epa.gov/greenchemistry/pubs/principles.html>.
3. Chemistry and you: <http://www.chemistryandyou.org/>
4. Catalysts and chiral products: http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2001/public.html

*Los químicos frente a la mayor pandemia
de la historia médica, el SIDA*

F. JAVIER ROJO MARCOS

A lo largo de la historia el ser humano ha mantenido una lucha continua contra todo tipo de amenazas externas con el fin de alargar su existencia y mejorar su calidad de vida. Durante el siglo XIX y la primera mitad del Siglo XX las infecciones causadas por diferentes microbios constituyeron la primera causa de muerte entre la población. El descubrimiento de la penicilina y el desarrollo de los antibióticos junto con el gran avance en el diseño y desarrollo de vacunas han supuesto una gran victoria sobre las infecciones microbianas. Desafortunadamente, nuevas amenazas se ciernen sobre el hombre constituidas por nuevos agentes patógenos que han mutado o que han pasado de una especie a otra. Entre estas amenazas destaca notablemente el virus de inmunodeficiencia humana o VIH.

Este virus apareció en escena a principios de los años 80 y es el causante de una enfermedad conocida como SIDA (Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida). El VIH es probablemente uno de los virus de los que se tiene una mayor información y en los que más esfuerzos humanos y económicos se han invertido.

Según la información oficial publicada por ONUSIDA a finales del 2008, el número de personas infectadas por el virus es al menos de 33 millones, produciéndose cerca de 2,5 millones de nuevos infectados anualmente y alrededor de 2 millones de fallecimientos. Estas cifras ponen de relieve el impacto que este virus tiene sobre la población y sobre todo, el devastador efecto que tiene sobre la sociedad y la economía de muchos países en vías de desarrollo, fundamentalmente en el continente africano. En 25 años de investigación se han aprobado para uso clínico en el tratamiento del SIDA 25 compuestos de diferente clase. La actividad de estos fármacos es muy variada y presentan diferentes dianas que se encuentran en las distintas etapas del ciclo infeccioso del virus.

A pesar de todo este arsenal de medicamentos, hasta el momento lo que se ha conseguido en el tratamiento del VIH es controlar el progreso de la enfermedad y que las personas infectadas por dicho virus puedan llevar una vida más o menos aceptable con los inconvenientes de tener que seguir un tratamiento caro de por vida.

La búsqueda de una vacuna frente al VIH ha sido durante los últimos años uno de los programas prioritarios de investigación en muchos países. Sin embargo, y a pesar de todos los esfuerzos empleados, esta tarea ha sido poco exitosa. La razón es bien conocida y reside en la gran capacidad que tiene este virus de variar su estructura y eludir al sistema inmunitario. De hecho, en el año 2008, durante la reunión anual internacional de especialistas en VIH, se puso de manifiesto la necesidad de nuevos planteamientos sobre la inversión en investigación y sobre las nuevas terapias que debían abordarse frente al SIDA. En dicha reunión quedó patente la necesidad de profundizar más en los conocimientos básicos a nivel molecular de los procesos que tienen lugar durante la infección para buscar nuevas alternativas y fármacos más efectivos en la lucha contra el VIH.

La historia de la investigación sobre el virus del SIDA constituye una lección muy importante de la que todos debemos aprender. Durante los primeros años de investigación sobre el SIDA, tras la identificación de esta nueva enfermedad, se estableció una lucha sin cuartel por intentar aislar y caracterizar el agente patógeno responsable de dicha enfermedad. Fueron años de grandes avances en una carrera sin tregua fundamentalmente entre dos laboratorios por ser el primero en descubrir el patógeno causante del SIDA: el laboratorio del Dr. Robert Gallo en USA y el del Dr. Luc Montagnier en Francia.

La necesidad de desarrollar un método rápido y eficiente de diagnóstico para detectar el virus en sangre, en el que se vieron implicadas empresas farmacéuticas, dio lugar a una serie de conflictos de tal calibre que los presidentes de las naciones implicadas, Ronald Reagan (Estados Unidos) y Jacques Chirac (Francia) tuvieron que mediar en dicho conflicto. La concesión del Premio Nobel de Medicina en el año 2008 a dos investigadores del laboratorio francés y la exclusión de Robert Gallo de dicho premio ha renovado de nuevo la polémica. En la investigación debería prevalecer el avance científico por encima de los intereses personales, económicos, políticos, nacionales, etc. Ante este panorama actual, es obvio que aún queda mucho por descubrir y por conocer acerca del VIH y su mecanismo de infección. Los químicos tienen un papel fundamental en la búsqueda de nuevos fármacos y de nuevas dianas terapéuticas frente al VIH. Esta investigación constituye uno de los objetivos prioritarios de muchos programas nacionales e internacionales de investigación tanto a nivel público como privado. A lo largo de todos estos años se ha puesto de manifiesto la importancia fundamental de la investigación básica como soporte de una investigación aplicada que permita la transferencia de conocimiento y tecnología desde el ambiente puramente académico a la industria. La investigación necesaria para poder abordar con éxito los nuevos retos científicos que se plantean debe ser interdisciplinar para lo cual es necesario la colaboración de investigadores especialistas en distintas disciplinas como la química, la biología y la medicina.

La investigación científica no debe tener fronteras y las colaboraciones internacionales son necesarias para poder afrontar los difíciles problemas y retos a los que nos enfrentamos hoy en día.

Referencias

1. Watkins, D.I. Sigue la búsqueda de una vacuna. *Investigación y Ciencia* 389:2 (Febrero 2009) 43-50.
2. Stevenson, M. Farmacoterapias contra el VIH. *Investigación y Ciencia* 389:2 (Febrero 2009) 51-57.
3. <http://www.msps.es/ciudadanos/enfLesiones/enfTransmisibles/sida/home.htm>. (Plan Nacional sobre el SIDA)
4. <http://www.unaids.org/es/AboutUNAIDS/AboutTheWebsite/default.asp> (ONUSIDA)

Dra. Adela Muñoz Paez

Licenciada en Ciencias Químicas por la Universidad de Sevilla (1980) y Doctora en Química por la misma Universidad (1988). Profesora Titular de Universidad de Sevilla adscrita al Departamento de Química Inorgánica de la Facultad de Química. Ha publicado los resultados de su investigación en más de 70 artículos de aparecidos en revistas de alto índice de impacto de Física, Química y Ciencia de Materiales. Ha dirigido cuatro tesis doctorales y ha sido investigadora principal de varios proyectos de investigación.

Dra. Mercedes García González

Doctora en Biología por la Universidad Autónoma de Madrid. Profesor Contratado Doctor del Departamento Bioquímica y Biología Molecular de la Universidad de Sevilla desde 2004. Amplia experiencia investigadora en metabolismo del nitrógeno y biotecnología de microalgas. Ha publicado 20 artículos en revistas internacionales y libros, ha presentado 40 Contribuciones a Congresos nacionales e internacionales y es titular de dos patentes. Miembro del equipo investigador de 17 Proyectos de Investigación públicos y privados.

Dr. Federico Valverde Albacete.

Licenciado en Ciencias Biológicas (1992) y Doctor en Biología por la Universidad de Sevilla. Realizó postdoctorado FEBS y contratado Marie Curie (2002), en el John Innes Centre, Norwich, Reino Unido. Contratado Marie Curie y Max-Planck Society en el Max Planck Instituto de Desarrollo Vegetal de Colonia, Alemania (2004). Desde 2005, Investigador contratado del CSIC dentro del programa "Ramón y Cajal". Autor de más de veinte publicaciones ISI e invitado a numerosas conferencias y congresos nacionales e internacionales. Desde septiembre de 2009, es Científico Titular del CSIC.

Dr. Fernando de la Torre Fazio

Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de Málaga desde 2006. Posteriormente se incorpora como Investigador posdoctoral del Programa Juan de la Cierva (MICINN) en el Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis en el grupo dirigido por la Dra. Olga del Pozo. Durante los últimos años ha participado en diversos proyectos de investigación, congresos científicos y es además autor de una decena de artículos científicos en revistas científicas internacionales de primer orden.

Dra. M^a Teresa Ruiz Pérez

Licenciada (1984) y Doctora (1989) en Ciencias Biológicas por la Universidad de Sevilla. Ha realizado estancias posdoctorales en la Long Ashton Research Station (Bristol) y el John Innes Centre (Norwich), Reino Unido; en el INRA de Versalles (Francia) y en la Universidad de Purdue, Indiana (EEUU). En 2002 se incorpora al Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis, primero como contratada I3P del CSIC y posteriormente con un contrato "Averroes" financiado por la Junta de Andalucía. Desde Octubre de 2008, es personal de plantilla del CSIC con contrato laboral indefinido. Ha publicado más de quince artículos en diversos aspectos de microbiología, bioquímica y biología molecular de plantas, así como capítulos de libros especializados.

Dr. Gerardo Colón Ibáñez

Licenciado en Química por la Universidad de Sevilla (1992). Doctor en Química por la misma Universidad (1996). Realizó estancias postdoctorales en la Universidad de Cagliari, Italia, y en el Ecole Nationale Supérieure des Mines de St. Etienne, Francia. Desde 2004 es Científico Titular del CSIC el Grupo de Fotocatálisis Heterogénea del Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla.

Dr. Hernán Ruy Míguez

Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Autónoma de Madrid (1994) y Doctor en Ciencias por la misma Universidad (2000). Realizó estancias postdoctorales en la Universidad de Toronto (Canada) y en la Universidad Politécnica de Valencia con un contrato Ramón y Cajal. En 2004, ingresa en el Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla como Científico Titular y promociona a Investigador Científico en 2008. Es autor de 80 publicaciones científicas e inventor de 12 patentes. Sus patentes han dado lugar a la creación de dos empresas de base tecnológica de las que es miembro fundador, Opalux, y NLAB Solar.

Dr. Antonio Pizzano Mancera

Licenciado en Química por la Universidad de Sevilla (1989) y Doctor en Química por la misma Universidad (1994). Realizó postdoctorado en en Duke University, Estados Unidos. Desde el año 2000 Científico Titular del CSIC desarrollando su investigación en el Grupo Química Organometálica y Catálisis Homogénea del Instituto de Investigaciones Químicas en el área de la Catálisis Asimétrica.

Dr. Francisco Javier Rojo Marcos

Licenciado en Ciencias Químicas por la Universidad Autónoma de Madrid (1989). Doctor en Ciencias Químicas por la misma Universidad (1995). Realizó postdoctorado en el Laboratorio de Química Supramolecular de la Universidad Louis Pasteur de Estrasburgo, Francia (1995-1998) y en el Departamento de Química del Boston College, Boston, Estados Unidos (1998-1999). Incorporación al Grupo de Carbohidratos del Instituto de Investigaciones Químicas de Sevilla, con un Contrato de Reincorporación de doctores (2000-2001). Investigador contratado del CSIC dentro del programa "Ramón y Cajal", en el mismo Instituto (2001). Desde Mayo 2004, es Científico Titular del CSIC.

M^a Dolores Vega Pérez. Gerente del cicCartuja. Licenciada en Biología por la Universidad de Sevilla.

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

Adela Muñoz Páez. Profesora Titular de Universidad de Sevilla. Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla. Departamento de Química inorgánica (CSIC-US).

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

M^a José Plaza Ballesteros. Titulado Superior Contratada. Licenciada en Biología. Universidad de Sevilla. cicCartuja.

