

Encuentros en la Biología

AÑO INTERNACIONAL DE LOS BOSQUES



Manglares y selva cerca del río Amazonas (Salinópolis, Para, Brasil)
Fotografía realizada por César Paes Barreto



Patología Vegetal
Nuevos patógenos
vegetales

Ingeniería Biomolecular
Cartas a Adrián: Clonación

Bioética
Su necesidad

Patología
La cura del SIDA (2)

Director:

Salvador Guirado

guirado@uma.es

Biología Celular -Neurobiología

Co-Editores:

José María Pérez Pomares

jmperezp@uma.es

Biología del desarrollo y cardiovascular

Miguel Ángel Medina Torres

medina@uma.es

Biología Molecular y de Sistemas-

Biofísica-Bioquímica

Comité editorial:

Alberto Martínez

almarvi@wanadoo.es

Educación Ambiental

E. Profesional para el Empleo

Alejandro Pérez García

aperez@uma.es

Microbiología, Interacción planta-
patógeno

Alicia Rivera

arivera@uma.es

Neurobiología

Enfermedades neurodegenerativas

Ana Grande

agrande@uma.es

Genética-Virología, Patogénesis virales

Antonio Diéguez

dieguez@uma.es

Filosofía de la Ciencia

Enrique Moreno Ostos

quique@uma.es

Ecología- Limnología

Enrique Viguera

eviguera@uma.es

Genética- Genómica

Félix López Figueroa

felix_lopez@uma.es

Ecología-Fotobiología, Cambio
climático

Fernando Ojeda Barceló

fernando-ojeda@ecourban.org

Educación Ambiental

Educación Secundaria

Empleo de T.I.C. en docencia

Francisco Cánovas

canovas@uma.es

Fisiología Molecular Vegetal,
Bioquímica y Biología Molecular

Jesús Olivero

jesusolivero@uma.es

Zoogeografía

Biodiversidad animal

José Carlos Dávila

davila@uma.es

Biología Celular -Neurobiología

Juan Antonio Pérez Claros

johnny@uma.es

Paleontología

Juan Carlos Aledo

caledo@uma.es

Bioquímica-Biología Molecular,
Energética de procesos biológicos

Juan Carlos Codina

jcc110@hotmail.com

Microbiología

Educación Secundaria

Margarita Pérez Martín

marper@uma.es

Fisiología Animal

Neurogénesis

María del Carmen Alonso

mdalonso@uma.es

Microbiología de aguas

Patología vírica de peces

María Jesús García Sánchez

mjgs@uma.es

Fisiología Vegetal

Nutrición mineral

María Jesús Perlés

Mjperles@uma.es

Geomorfología, Riesgos

medioambientales

M. Gonzalo Claros

claros@uma.es

Bioquímica-Biología Molecular y

Bioinformática

Raquel Carmona

rcarmona@uma.es

Ecofisiología

Biorremediación

Trinidad Carrión

trinicar@uma.es

Ciencias de la Salud

E-Salud

Índice

Editorial	15
La imagen comentada	15
Foros de la ciencia	16
Nuevos patógenos vegetales	17
<i>Cartas a Adrián:</i> Clonación y clonación humana	19
<i>Bioética:</i> una necesidad para el encuentro entre la ciencia y los valores sociales	24
¿Podría el virus del SIDA ayudarnos a curar el SIDA?	25
Escribir bien	27
Año Internacional de los Bosques	28

Diseño:

Raúl Montañez Martínez (raulemm@gmail.com)

Coordinador de la edición electrónica

(www.encuentros.uma.es):

Ramón Muñoz-Chápuli

Correspondencia a:

Miguel Ángel Medina Torres

Departamento de Biología Molecular y Bioquímica

Facultad de Ciencias

Universidad de Málaga

29071 Málaga

Editado con la financiación del Vicerrectorado de

Investigación de la Universidad de Málaga

Depósito Legal: MA-1.133/94

ISSN: 1134-8496

Imprenta: Imagraf

El equipo editorial de esta publicación no se hace responsable de las opiniones vertidas por los autores colaboradores.

EDITORIAL

La ONU ha denominado 2011 Año Internacional de la Química y Año Internacional de los Bosques. Par empezar, dedicamos la portada y la contraportada de este número al evento. *Encuentros en la Biología* inaugura en el presente número una nueva sección, titulada *Cartas a Adrian*, escrita en género epistolar por el profesor Nestor Torres, catedrático de Bioquímica y Biología Molecular de la Universidad de La Laguna. La primera carta a su hijo Adrián la dedica a un tema tan atractivo como la clonación. Esta nueva sección va acompañada por tres artículos: el primero está dedicado a la emergencia de nuevos patógenos vegetales, el segundo es un breve artículo acerca de la

la celebración del Año de los Bosques. Par empezar, dedicamos la portada y la contraportada de este número al evento.

necesidad de la Bioética y el tercero es un nuevo artículo centrado en el virus del SIDA (artículo que complementa a otro publicado en el número 130 de *Encuentros en la Biología*).

Completan este número nuestras secciones habituales *La imagen comentada*, *Foros de la ciencia* y *Escribir bien no cuesta trabajo* y *La resección*.

Los co-editores

Los co-editores

15

LA IMAGEN COMENTADA

**Bosque de coníferas de alta montaña en Panticosa.**

La villa de Panticosa está ubicada en pleno Valle de Tena, entre el Parque Nacional del Pirineo Francés y el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Huesca). Se encuentra rodeada de picos de hasta 3000 m de altitud y salpicada de lagos. La zona está sometida a un clima de montaña caracterizado por su compleja orografía. La comarca del Alto Gállego, al norte de Huesca, cuenta con una gran diversidad de flora que incluye extensos bosques de coníferas, hayas, abedules, fresnos, álamos (como los que se ven en primer plano de la foto), robles, con vegetación arbustiva característica (p.ej. acebos). Además cuenta con numerosos endemismos de flora de menor tamaño propios del Pirineo, donde cabe destacar raras y curiosas especies de orquídeas. Muchas de estas especies vegetales aparecen frecuentemente asociadas en las zonas limítrofes entre los bosques y las praderas que aparecen con frecuencia en la falda de los picos.

Elena Cano Rincón

Becaria FPI, Departamento de Biología Animal, Universidad de Málaga
ecano@uma.es



Año Internacional de la Química:

El año 2011 fue proclamado Año Internacional de la Química por la Asamblea General de las Naciones Unidas en su 63º periodo de sesiones, en diciembre de 2008. El organismo rector de esta celebración es la UNESCO, que asume la coordinación del Año, en colaboración con la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC).

Enlace: www.un.org/es/events/chemistry2011/

En España, una acción conjunta del Ministerio de Ciencia e Innovación, el CSIC y el Foro Química y Sociedad ha hecho realidad un espacio web especialmente dedicado a la celebración, bajo el lema "Química: nuestra vida, nuestro futuro".

Enlace: www.quimica2011.es

Distintas instituciones científicas y educativas se están sumando a la celebración con actividades en sus respectivos ámbitos. Tal es el caso de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Málaga, que -con la participación de la Sección Territorial de la Real Sociedad Española de Química, el Centro Principia, el Centro de Formación del Profesorado de Málaga y la Asociación de Químicos de Andalucía, entre otros- ha programado diversas actividades, incluyendo ciclos de conferencias, jornadas de puertas abiertas y la elaboración de un mural sobre la historia de la química.

Enlace: www.ciencias.uma.es/aig/

Año Internacional de las Mujeres Científicas:

Una de las efemérides que contribuyeron a la proclamación del Año Internacional de la Química fue el centenario de la concesión del Premio Nobel de Química de 1911 a Marie Curie. Aprovechando el valor simbólico de la figura de Madame Curie (una de las escasas personas poseedoras de dos premios Nobel, pues ya antes había compartido el Premio Nobel de Física 1903 con su marido Pierre y con Becquerel), 2011 ha sido proclamado también el Año Internacional de las Mujeres Científicas.



Enlace: http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1911/

Instrucciones para los autores

La revista **Encuentros en la Biología** es una publicación que pretende difundir, de forma amena y accesible, las últimas novedades científicas que puedan interesar tanto a estudiantes como a profesores de todas las áreas de la biología. Además de la versión impresa, la revista también se puede consultar en línea en <http://www.encuentros.uma.es/>. **Cualquier persona puede publicar en ella** siempre que cumpla las siguientes normas a la hora de elaborar sus originales:

- 1 Todos los manuscritos deberán ser inéditos o contarán con la autorización expresa del organismo que posea los derechos de reproducción. Además, deben tener alguna relación con el objetivo de la revista —los que simplemente reflejen opiniones se rechazarán directamente—.
- 2 El formato del documento puede ser RTF, SXW/ODT (OpenOffice) o DOC (Microsoft Word). Debido a las restricciones de espacio, la extensión de los mismos no debe superar las 1600 palabras; en caso contrario, el editor se reserva el derecho de dividirlo en varias partes que aparecerán en números distintos.
- 3 Cada contribución constará de un título, autor o autores, y su filiación (situación académica; institución u organismo de afiliación; dirección postal completa; correo electrónico; teléfono). Para diferenciar la afiliación de diferentes autores utilice símbolos (*, #, ¶, †, ‡) después del nombre de cada autor.
- 4 Los nombres de las proteínas se escribirán en mayúsculas y redondilla (ABC o Abc). Los de los genes y las especies aparecerán en cursiva (ABC, Homo sapiens). También se pondrán en cursiva aquellos términos que se citen en un idioma que no sea el castellano.
- 5 En esta nueva etapa, contemplamos aceptar que aquellos autores que no tengan el castellano como lengua materna puedan remitir sus manuscritos en inglés. Una vez aceptado, un resumen del mismo en castellano sería elaborado por el propio equipo editorial.
- 6 Las tablas, figuras, dibujos y demás elementos gráficos, en blanco y negro puros, escalas de grises o color, deberán adjuntarse en ficheros independientes. Las figuras, las fórmulas y las tablas deberán enviarse en formatos TIFF, GIF o JPG, a una resolución de 300 dpi y al menos 8 bits de profundidad.
- 7 Cuando sean necesarias, las referencias bibliográficas (cuatro a lo sumo) se citarán numeradas por orden de aparición entre paréntesis dentro del propio texto. Al final del mismo, se incluirá la sección de Bibliografía de acuerdo con el estilo del siguiente ejemplo:
Einstein Z, Zwstein D, DReistein V, Vierstein F, St. Pierre E. Sapñal integration in the temporal cortex. Res Proc Neurophysiol Fanatic Soc 1: 45-52, 1974.
En caso de citar un libro, tras el título deben indicarse la editorial, la ciudad de edición y el año.
Si el texto principal no incluye referencias bibliográficas, se ruega a los autores que aporten 3-4 referencias generales "para saber más" o "para más información".
- 8 Aquellos que quieran contribuir a la sección **La imagen comentada** deberán remitir una **imagen original** en formato electrónico con una resolución mínima de 300 dpi y, en documento aparte, un breve comentario (de no más de 300 palabras) de la misma. Dicho comentario describirá la imagen, destacará la información relevante que aporta y/o especificará los procedimientos técnicos por los que se consiguió.
- 9 Los co-editores considerarán cualesquiera otras contribuciones para las diferentes secciones de la revista.
- 10 Envío de contribuciones: el original se enviará por correo electrónico a los co-editores (medina@uma.es, jmperezp@uma.es) o a cualquier otro miembro del comité editorial que consideren más afín al contenido de su contribución. Aunque lo desaconsejamos, también se pueden enviar por correo ordinario (Miguel Ángel Medina, Departamento de Biología Molecular y Bioquímica, Universidad de Málaga, 29071 Málaga, España) acompañados de un CD. No se devolverá ningún original a los autores.

Nuevos patógenos vegetales: ¿Surgidos de la nada?

Juan Carlos Codina Escobar

Profesor de Educación Secundaria en el IES Sierra Bermeja de Málaga, Colaborador honorario de la Universidad de Málaga en el Departamento de Microbiología.

jccodina@uma.es

Cuando aparece un nuevo organismo patógeno que provoca graves pérdidas en algún cultivo vegetal es muy común utilizar ese término, aparecer, como si hubiese surgido de la nada. Queda muy atrás en el tiempo la teoría de la generación espontánea, ahora totalmente falsada. Por ello, uno de los aspectos interesantes en el estudio evolutivo de la aparición de organismos patógenos de vegetales en los ecosistemas agrarios sea el intentar dar respuestas a preguntas del tipo, dónde, cuándo y cómo surgió un determinado organismo patógeno. La propia naturaleza del ecosistema agrario ha jugado un papel significativo en la aparición y expansión de los patógenos vegetales.

Desde la aparición de la agricultura, hecho que se produjo de forma gradual entre los años 12000 a 2000 aC (Balter, 2007), ha existido una lucha entre agricultores y organismos patógenos de vegetales. Los datos arqueológicos de que se dispone, actualmente sustentados por datos genéticos, sitúan en Oriente Medio, concretamente en Mesopotamia y otras culturas neolíticas del denominado Creciente Fértil, los primeros cultivos a partir de los cuales evolucionaron los ocho cultivos más importantes para el ser humano: trigo, maíz, cebada, lino, garbanzo, guisante, lenteja y algarroba. La selección intensiva de determinados fenotipos y el cultivo de los mismos alteró las poblaciones de las especies progenitoras hasta dar lugar a las variedades de cultivos que conocemos hoy.

A partir de ese momento, el desarrollo de nuevas especies cultivables y de nuevas técnicas agrícolas permitió tanto la aparición de nuevos organismos patógenos como cambios significativos en las poblaciones de patógenos que ya existían en los ancestros silvestres de las especies cultivables. Los nuevos ecosistemas agrarios mostraron una mayor homogeneidad ambiental, una menor diversidad específica y una muy alta densidad de hospedadores, hechos que de forma general facilitan la transmisión de organismos patógenos desde las plantas infectadas a sus vecinas sanas. El campo agrícola se convirtió en un ecosistema con menos tendencias a las fluctuaciones, las cuales hubieran contribuido a una disminución en el tamaño de las poblaciones de organismos patógenos e, incluso, a su completa extinción (Stukenbrock y McDonald, 2008).

Las poblaciones de los organismos patógenos se enfrentan, en los modernos ecosistemas agrarios, con pesticidas, genes de resistencia en los hospedadores, rotación de cultivos y una amplia variedad de prácticas culturales dirigidas a reducir su capacidad para infectar nuevas plantas. Se cree que el grado de virulencia de un organismo patógeno se ve afectado por el equilibrio entre su replicación dentro del hospedador y su transmisión. Así, si el organismo patógeno crece demasiado rápido en el interior de una

planta infectada, de forma que la mata antes de poder transmitirse a una nueva planta sana, entonces dicho organismo patógeno no se extenderá y no se producirá una epidemia. Lógicamente las condiciones contrarias a las anteriores favorecen el desarrollo de epidemias.

La aparición de nuevos organismos patógenos puede suceder mediante especiación simpátrica o alopátrica. La primera representa la divergencia genética de poblaciones que habitan la misma zona geográfica, mientras que la especiación alopátrica sucede entre poblaciones geográficamente separadas. Este tipo de especiación puede darse tras la introducción y el establecimiento con éxito de un organismo patógeno en un ambiente nuevo. Es lo que sucede como consecuencia del comercio a escala global de productos agrícolas que ha conllevado no sólo el transporte de vegetales, sino también de sus organismos patógenos asociados. La introducción de plantas o de organismos patógenos en nuevos ambientes crea nuevas relaciones patógeno-hospedador que pueden causar graves daños en las poblaciones hospedadoras nativas. Famosa es la hambruna en Irlanda causada por la introducción en la isla del oomicete patógeno de la patata, *Phytophthora infestans* a mediados del siglo XIX (Godwin y cols., 1994).

La búsqueda de las respuestas a las preguntas de dónde y cuándo apareció un determinado organismo patógeno, o lo que es lo mismo, la determinación de las escalas espacio-temporales de su aparición se lleva a cabo mediante la combinación de herramientas de la genética de poblaciones, de la arqueología y de la arqueobotánica. Sin embargo, nuevos métodos basados en la genética de poblaciones, métodos de coalescencia y filogeografía han proporcionado una nueva visión de los procesos que dan lugar a la aparición de patógenos vegetales. A partir de diferentes muestras geográficas de organismos patógenos se llevan a cabo análisis de determinados marcadores de ADN, análisis filogenéticos y de haplotipos. Así, en el caso del hongo patógeno del trigo *Mycosphaerella graminicola*, los análisis filogenéticos y las redes de haplotipos empleadas mostraron una mayor diversidad en los loci RFLP y en secuencias de ADN, en poblaciones aisladas de Israel. Las redes de haplotipos de los loci de ADN polimórfico sugieren que los haplotipos ancestrales se originaron en Oriente Medio (Banhe y McDonald, 2005). Otras aproximaciones metodológicas permiten la reconstrucción de árboles genéticos que muestran la distribución de mutaciones específicas producidas a lo largo del tiempo.

Con respecto al cómo aparecen nuevos organismos patógenos, aunque la mayoría puede surgir a través de mecanismos diversos, se pueden resaltar cuatro procedimientos principales: domesticación del patógeno junto con un nuevo hospedador, adaptación al nuevo hospedador, transferencia genética horizontal e hibridación (Stukenbrock y McDonald,

17

2008). El primero de los procedimientos también recibe el nombre en lengua inglesa de *host tracking* y en él el hospedador y el patógeno coevolucionan durante el proceso de cultivo del hospedador y el desarrollo del ecosistema agrario específico para dicho hospedador. Cuando se desarrolla y extiende el nuevo agroecosistema, el aumento en el número de plantas hospedadoras proporciona un ambiente altamente conductivo para los organismos patógenos seleccionados por su alta eficacia que les permite expandirse conjuntamente con el nuevo cultivo agrícola.

Con respecto al segundo procedimiento, un nuevo organismo patógeno surge por adaptación a un nuevo hospedador, siguiendo un proceso de deriva o de salto conjunto con el hospedador. El primero de ellos implica un nuevo hospedador que no está muy distanciado genéticamente del hospedador original, mientras que el proceso de salto implica un nuevo hospedador muy distanciado genéticamente del original. Así pues, los nuevos organismos patógenos en los ecosistemas agrarios pueden originarse a partir de poblaciones de hospedadores silvestres (especies no cultivadas) o a partir de otras poblaciones vegetales cultivadas. Las especies vegetales silvestres que crecen en el interior o en los márgenes de los campos de cultivo, como es el caso de las malas hierbas, probablemente representan una fuente importante de nuevos patógenos. Los organismos patógenos pueden surgir también tras la introducción de nuevos cultivos en ecosistemas naturales que no habían sido anteriormente empleados para agricultura. Como resultado de la carencia de coevolución entre el organismo patógeno y el nuevo hospedador, este último puede exhibir un menor nivel de resistencia y el organismo patógeno un elevado grado de virulencia. Pero estos saltos no sólo se dan entre integrantes del mismo reino. Si consideramos escalas temporales de millones de años, estos procesos han sido probablemente comunes entre los reinos animal y vegetal, causando la aparición de nuevas especies de organismos patógenos (Spatafora y cols., 2007).

El tercer procedimiento, la transferencia genética horizontal es el intercambio de genes o regiones genómicas específicas entre especies que, normalmen-

te, están aisladas desde el punto de vista reproductivo. Un organismo no patógeno o uno que siendo patógeno manifiesta una baja virulencia, se convierte en un organismo patógeno virulento tras la adquisición de los genes necesarios. Este procedimiento es muy común en bacterias, pero sólo se había postulado puntualmente en eucariotas. Sin embargo, estudios recientes sugieren que los hongos patógenos, a menudo, presentan clusters génicos análogos a las islas de patogenicidad de las bacterias (ver Encuentros en la Biología nº 100), clusters que podrían ser intercambiados entre distintas especies de hongos, incluidas líneas que manifiestan incompatibilidad vegetativa (van der Does y Rep, 2007).

Mientras que la transferencia genética horizontal implica el intercambio de un número ilimitado de genes entre diferentes especies, el cuarto de los procedimientos que explican la aparición de un nuevo organismo patógeno, la hibridación interespecífica, implica genomas enteros y puede dar lugar a cambios en el número de cromosomas, niveles de ploidía o reordenamiento genómico a amplia escala.

Es posible que varios de los procedimientos mencionados puedan estar implicados en la aparición de un nuevo organismo patógeno. De hecho, los cuatro mecanismos pueden haberse producido para un determinado organismo patógeno, pero actuando en diferentes escalas de tiempo. La finalidad práctica de los estudios sobre el origen de los organismos patógenos es evidente. La comprensión de los procesos evolutivos que han permitido la aparición de un nuevo organismo patógeno es esencial en el estudio de los riesgos que puedan ocasionar futuros patógenos. La aplicación de principios evolutivos nos capacita para mejorar el desarrollo y la implementación de estrategias de control sostenibles basadas en el uso de nuevos pesticidas, así como de genes de resistencia en los vegetales hospedadores. En cualquier caso esa "lucha" entre el agricultor y los organismos patógenos seguirá existiendo, dado que seguirán surgiendo nuevos patógenos en los ecosistemas agrarios de todo el mundo.

Bibliografía citada:

- Balter M. Seeking agriculture's ancient roots. *Science* 316: 1830-1835, 2007.
- S. McDonald BA. Migration patterns among global populations of the pathogenic fungus *Mycosphaerella graminicola*. *Mol Ecol*.14: 1881-1896, 2005.
- Godwin SB, Cohen BA, Fry WE. Panglobal distribution of a single clonal lineage of the Irish potato famine fungus. *Proc Natl Acad Sci USA* 91: 11591-11595, 1994.
- Spatafora JW, Sung GH, Sung JM, Hywel-Jones NL, White JF. Phylogenetic evidence for an animal pathogen origin of ergot and the grass endophytes. *Mol Ecol* 16: 1701-1711, 2007.
- Stukenbrock EH, McDonald BM. The origins of plant pathogens in agro-ecosystems. *Annu Rev Phytopathol* 46: 75-100, 2008.
- van der Does HC, Rep M. Virulence genes and the evolution of host specificity in plant pathogen fungi. *Mol Plant-Microbe Interact* 20:1175-1182, 2007.

Cartas a Adrián

Clonación y clonación humana: La parábola del sexto día

Querido Adrián:

Te acordarás que hace ya unos meses fuimos juntos al videoclub; queríamos pasar la tarde viendo una película en casa. Como no teníamos una idea previa sobre la película que queríamos ver, anduvimos un rato paseando entre los expositores buscando algo que nos interesara a los dos. Finalmente coincidimos en la sección de Ciencia Ficción y nos decidimos por una película protagonizada por Arnold Schwarzenegger titulada *El Sexto Día*.

Lo que nos animó a elegirla fue el argumento. La trama de la película se desarrolla en un mundo futuro, donde no existe ni el hambre ni las enfermedades y donde la clonación es una práctica que permite a los seres humanos disponer bancos de órganos listos para serles trasplantados cuando lo necesiten. En esa sociedad futura y utópica, sólo hay un límite a la utilización de las técnicas de clonación, la *Ley del Sexto Día*, llamada así por estar inspirada en la Biblia y sus preceptos. La *Ley del Sexto Día* establece que no está permitida la clonación de seres humanos, es decir, la creación artificial de seres humanos. Y claro, siempre que hay una prohibición por una parte, e intereses económicos por otra, surgen conflictos. En este caso el problema se plantea cuando una empresa se decide a crear clones humanos, copias idénticas de otros seres humanos, para ser utilizados con diversos fines. Este es el punto de partida de la película, que aunque no te divirtió mucho Adrián (en esto estuvimos de acuerdo) si te suscitó muchas preguntas sobre la clonación: ¿qué es un clon?; ¿por qué estaba prohibido clonar seres humanos y no algunos órganos?; ¿qué tenía que ver la Biblia con todo eso?, y alguna más. Apenas empezamos a hablar de esto cuanto tuvimos que dejarlo pero todas tus preguntas están más que justificadas Adrián. De hecho la posibilidad de crear seres humanos al margen de los procesos naturales es una cuestión que no deja indiferente a casi nadie. Y es que alude a cuestiones muy importantes, a las que han tratado de dar respuesta a lo largo de la historia filósofos y líderes religiosos, preguntas que tienen que ver con la identidad del ser humano, la procreación, el deseo de inmortalidad, la salud, la calidad de vida, la ética o las creencias religiosas.

Estas semanas estás de viaje de fin de curso en Edimburgo, y desde allí me enviaste una postal de una oveja. Hablar de Escocia y de ovejas no tiene nada de extraño, pero te sorprendió que los escoceses presumieran de tener (o mejor de haber tenido) la oveja más famosa del mundo, Dolly. Esto me hizo recordar la conversación que teníamos pendiente y sobre todos las preguntas que no tuve tiempo de ayudarte a responder; y como no estás aquí, he decidido explicarte con esta carta lo que te hubiera dicho de otra manera. Espero que en algún rato perdido entre clase y clase de inglés y antes de salir a alguna de las excursiones programadas, tengas un momento y te entretengas con su lectura.

Con frecuencia es una buena estrategia para entender los conceptos científicos acudir al significado de las palabras que se emplean para referirnos a ellos. Esto viene muy bien en el caso de la clonación. La palabra clon procede del término griego “*klon*” y significa esqueje. Tú sabes muy bien qué es un esqueje porque ves muchas veces cómo, en mis tareas de jardinero aficionado que tan bien conoces, aprovecho la rama de una planta (los geranios de la entrada son un ejemplo) para tener otra. Cuando hago esto en realidad estoy fabricando un clon de la planta original. Los clones son organismos procedentes de un único individuo, todos con los mismos genes y por tanto, iguales. Por eso todos los geranios de la entrada son todos iguales, proceden de una misma planta. Como puedes ver Adrián, en la naturaleza se producen clones de forma natural y con mucha frecuencia. Pero no sólo se producen en el caso de las plantas, sino también en el caso de animales, seres humanos incluidos. De hecho tú conoces a dos seres chicas que son clónicas: tus primas Lidia y Sofía. ¿Sorprendido? Lidia y Sofía son gemelas, exactamente, gemelas monocigóticas, lo que quiere decir que las dos tienen exactamente los mismos genes: por eso son tan parecidas. Lo que les ocurrió fue que el embrión que se formó en el útero de tu tía Raquel, por alguna razón se dividió espontáneamente en dos y donde sólo iba a nacer una

niña acabaron naciendo dos; y como ambos embriones procedían del mismo óvulo fecundado, Lidia y Sofia tienen exactamente los mismos genes.

Lidia y Sofia son iguales... en casi todo. Esta precisión es importante hacerla Adrián para entender bien que es un clon. El hecho de que los clones sean genéticamente idénticos no quiere decir que vayan a ser idénticos en todo. A lo largo del desarrollo de los embriones se pueden producir, y de hecho se producen, desviaciones en los procesos de desarrollo de uno a otro que los hace distintos. Pero además una vez que han nacido, ni Lidia ni Sofia se desarrollan exactamente en las mismas condiciones, ya sean estas naturales o culturales, lo que provoca más diferencias entre ellas. Tanto es así que Lidia estudia Química en la universidad mientras que Sofia está matriculada en Derecho. Y aunque a los dos se parecen mucho físicamente (y en otras cosas también) sin embargo tienen gustos distintos en muchas cosas. Esto es importante saberlo para comprender algunas de las consecuencias que podría tener crear, artificialmente, un clon de otro ser humano. Si, por ejemplo, consiguiéramos crear hoy un clon de Leonardo da Vinci, este no tendría por qué tener la misma creatividad e imaginación, ni la misma personalidad y el mismo carácter, que el Leonardo original. La inteligencia, el carácter y la personalidad de un individuo son consecuencia de sus genes pero también, y en una proporción nada desdeñable, del medio en el que se vive, de las experiencias que vive y de la cultura en la que se desarrolla. Un clon actual de Leonardo podría de hecho tener un coeficiente de inteligencia superior o inferior que el original, mejor o peor memoria y un carácter distinto.

Te preguntará entonces Adrián, si es verdad lo que se cuenta en la película, en la que se crean clones de seres humanos. La respuesta es que sí y que no. Sí, porque técnicamente es posible aunque haya que poner a punto muchas técnicas; pero no también, porque hacerlo está prohibido en la mayoría de los países y por muchas religiones. Intentaré aclararte todo esto. En *El Sexto Día* se plantean varios de estos problemas. Confío en que después de leer esta carta no sólo comprendas mejor la trama de la película sino que de paso hayas aprendido sobre una cuestión cada vez más importante.

Cuando hablamos de clonación de seres humanos tenemos que distinguir entre dos clases de clonación: la reproductiva y la terapéutica o celular. La clonación reproductiva es la que tiene como objetivo el nacimiento de individuos completos. Este tipo de clonación actualmente sólo es posible a través de la implantación de un embrión clonado en el útero de mujer, de manera que se pueda desarrollar y dar lugar al nacimiento del individuo. La clonación terapéutica no llega tan lejos. En este caso el objetivo es la obtención de una clase muy especial de células, las denominadas células madre. Las células madre son células con algunas características que las hacen muy especiales. En primer lugar y a diferencia de otras son capaces de reproducirse indefinidamente. En segundo lugar estas células, si son estimuladas adecuadamente, pueden transformarse en células de cualquier tipo de tejido, ya sea piel, nervios, músculo esquelético o corazón. Los tejidos que se obtengan de esta manera se pueden utilizar para curar muchas enfermedades sin que haya riesgo de rechazo de tejidos. El principal objetivo de la clonación terapéutica, a diferencia de la reproductiva, es generar células madre que se emplearan para curar después; de ahí el nombre de terapéutica.

Lo anterior nos lleva a la siguiente cuestión, ¿cómo se puede crear un embrión clonado, ya sea con fines reproductivos o terapéuticos? Una técnica que lo permite es la denominada Transferencia Nuclear (TN). La TN consiste en la sustitución del núcleo de un óvulo (ya sabes, Adrián, la célula reproductora femenina que contiene sólo los cromosomas de la madre) por el núcleo (conteniendo la dotación cromosómica completa) de otra célula, procedente del individuo que deseamos clonar. Como ves, el proceso es fácil de decir, pero más difícil resulta hacerlo. En los siglos XIX y XX muchos investigadores intentaron llevar a cabo este proceso, pero no fue hasta 1997 cuando se consiguió con un mamífero superior, la oveja Dolly de la postal. Dolly era escocesa (murió hace algunos años) porque nació muy cerca de donde estás ahora, en un centro de investigación llamado Instituto Roslin. El "padre" de Dolly fue un investigador de ese Instituto, Ian Wilmut.

Ian Wilmut empezó por extraer algunas células de la mama de una oveja *Finn Dorset*, una raza de ovejas blancas. El núcleo de estas células contiene todos los genes, pero en ella sólo están activos los necesarios para la función de mama. A continuación extrajo un óvulo sin fertilizar del ovario de otra oveja, en este caso de una *Scotish Blackface*, una raza distinta de la *Finn Dorset* que tiene la cabeza de color negro. A este óvulo le extrajo el núcleo y a continuación le insertó el núcleo de la célula donadora (recuerda, de la glándu-

la mamaria de la *Finn Dorset*) al óvulo sin recién preparado. Esta última operación es la transferencia nuclear propiamente dicha. Una técnica que se puede usar para conseguir la transferencia nuclear es mediante una fina aguja que absorbe primero el núcleo y lo introduce luego en el óvulo. A continuación, se sometió a óvulo a una pequeña descarga eléctrica, que sirvió para simular la fertilización natural y desencadenar los mecanismos de división celular y formación del embrión. Cuando se observó que el embrión se empezó a formar Ian Wilmut lo implantó en el útero de una *Scottish Blackface*. Esperó y al cabo de 148 días nació Dolly: el primer mamífero superior clonado. Tengo que decirte sin embargo Adrián que, como te podrás imaginar, conseguir que naciera Dolly no fue fácil. Dolly es el único resultado satisfactorio de ¡277 intentos! En muchos de estos casos se originaron fetos no viables; en otros los corderos nacieron con graves problemas y murieron a las pocas horas. Y es que la clonación reproductiva depende de muchos factores y no de todos se tiene un conocimiento suficiente.

Desde entonces las cosas han progresado mucho y las técnicas de clonación reproductiva se han aplicado con éxito en muchos casos. Sólo te contaré aquí dos aplicaciones. Una es la clonación de mascotas y animales de granja. Hay empresas que son capaces de clonar gatos, vacas, caballos o camellos. En unos casos sus clientes son personas a quienes se les ha muerto su mascota y que desean tener un clon de estas en un vano intento de mantener con vida al animal muerto. En otros casos lo que se busca es reproducir a un animal que por sus características interesa conservar o reproducir: un caballo que corra mucho o una vaca que produzca mucha leche. Imagínate una granja con vacas clonadas, todas superproductoras de leche. La otra aplicación que tiene la clonación reproductiva es la de la recuperación de animales extinguidos o en peligro de extinción. Esto se ha conseguido ya con algunas cabras o búfalos ya desaparecidos, se ha intentado con el tilacino o tigre de Tasmania e incluso con el mamut, a partir de muestras de tejido congelado encontrados en Siberia.

Si en lugar de un individuo completo lo que se quiere es obtener células madre, lo que se hace es dejar desarrollar al embrión durante cuatro o cinco días y cuando este consista en una esfera de algo más de 100 células (se le llama blastocito) extraer de su interior las células madre.

Cuando se hizo público el nacimiento de Dolly y la comunidad científica pudo comprobar la veracidad de los resultados, enseguida se empezó a hablar en los medios de comunicación de la posibilidad y los riesgos que planteaba la creación artificial de clones humanos. Tan sólo un año después una empresa anunció que había obtenido un embrión resultado de la transferencia del núcleo de una célula de piel humana al óvulo de... ¡una vaca! Un poco más tarde, en el año 2000, un grupo de científicos creó una empresa con la intención de clonar seres humanos de parejas estériles sin posibilidad de procrear. Enseguida surgieron empresas que utilizaron estas técnicas para producir células madres humanas.

Todas estas noticias abrieron desde el primer momento numerosos foros de discusión sobre los aspectos éticos de la clonación humana en sus dos variantes, la reproductiva y la terapéutica, y sus implicaciones económicas, sociales y políticas. En este debate, que continúa abierto, se han dado razones a favor y en contra de cada una de ellas y desde distintos puntos de vista. La clonación terapéutica es la que, en principio, contó con más partidarios. El argumento principal a su favor es que podía servir para avanzar en el tratamiento de muchas enfermedades. Los tejidos embrionarios clonados pueden ser usados para la sustitución de tejidos enfermos, para la producción de proteínas de uso terapéutico, el diagnóstico de enfermedades y el tratamiento de enfermedades genéticas o para ensayar nuevas medicinas y procedimientos médicos. Actualmente se han encontrado alternativas a la obtención de células madres de uso terapéutico (las denominadas células madres adultas inducidas) lo que ha restado importancia a este método. Es el mundo utópico que se nos presenta en *El Sexto Día*, donde muchas enfermedades tenían un remedio basado en estas técnicas.

Pero la cosa no está tan clara en el caso de la clonación reproductiva, tal como ocurría en la película. Aunque tiene algunos defensores (personas que es un derecho tener niños genéticamente idénticos a ellos mismos o a alguien a quien quieren o admiran), lo cierto es que la práctica totalidad de la comunidad científica y la mayor parte de la sociedad considera inútil e inconveniente la clonación reproductiva. Y para esto, Adrián, se esgrimen razones de distintas clases. Algunas son de tipo práctico: las técnicas tienen todavía carácter experimental y por tanto el riesgo de fracaso es muy alto, lo que daría lugar al

nacimiento de seres humanos afectados de graves dolencias. Pero otras son de naturaleza ética. La generalización de este tipo de clonación pasaría a convertirse en un producto de consumo: en este caso un ser humano idéntico a otro. En este escenario te puedes imaginar fácilmente situaciones que a algunos se les antoja perversas, como por ejemplo la existencia de un mercado de genoma, en el que se valore a los donantes dispuestos a permitir su clonación a cambio de dinero: estrellas de cine, atletas o incluso premios Nobel. Y ¿qué pasa con los derechos del individuo que nace mediante este procedimiento? Un ser humano ¿acaso no tiene derecho a tener un padre y una madre biológicos-genéticos? Así podríamos seguir pero no me resisto a comentarte otra situación que podría darse y que es el motivo de otras películas de ciencia ficción; y es que no es descartable que los clones lleguen a ser considerados ciudadanos de segunda clase y que puedan ser engendrados con una única finalidad, la de servir de proveedor de órganos de repuesto. También desde el punto de vista religioso la idea de la clonación reproductiva ha generado rechazo. Para la mayoría de las confesiones religiosas la vida humana es única y especial y sólo puede ser creada, determinada o controlada por sus deidades, lo que les lleva a oponerse a la clonación humana. Los fieles de muchas religiones creen en la existencia e individualidad de un alma humana, de origen divino. Por tanto si surgiera un ser humano clonado ¿tendría alma? Esta y otras cuestiones son motivo de reflexión ya que nunca antes había habido necesidad de abordarlas.

En línea con todos estos argumentos en contra de la clonación reproductiva, la legislación de la mayor parte de los países de nuestro entorno cultural ha desarrollado legislaciones que la prohíben pero que al mismo tiempo son permisivas con respecto a la clonación terapéutica. En España por ejemplo, la clonación de seres humanos está expresamente prohibida desde 1995 en el Código Penal. Algo parecido ocurre en Italia, Alemania, Francia, Bélgica o Japón y organismos internacionales como el Consejo de Europa recomienda que se prohíba. En los Estados Unidos de América el Presidente Bill Clinton impuso en su momento una moratoria sobre investigaciones encaminadas a la clonación humana y la Comisión Nacional Asesora de Bioética recomendó que se impusieran restricciones legales al respecto. Posteriormente el Presidente George W. Bush, a pesar de su rechazo inicial, ha permitido la investigación con fondos públicos en células madres clonadas extraídas de embriones de ciertas líneas ya existentes (clonación terapéutica), aunque no se prohibió específicamente la experimentación en clonación con embriones humanos. Este vacío legal fue el que permitió a algunas empresas a llevar a cabo experimentos de este tipo. Actualmente la administración de Barak Obama levantó las restricciones impuestas por la administración Bush.

No quiero extenderme mucho más, que sé que estás de vacaciones. Espero Adrián que después de leer esta carta entiendas mejor las cuestiones que dan sentido a la trama de la película. Pero además hay algunas conclusiones que podemos sacar. La primera es que las células madre tienen una utilidad cierta como medio de curación de muchas enfermedades graves, como la diabetes, el cáncer, el SIDA, el Parkinson o el Alzheimer. Hasta hace poco el único medio de obtenerlas era a partir de embriones clonados. El uso de embriones humanos como medio terapéutico generaba rechazo, por motivos morales y éticos en muchas personas lo que impidió en muchos casos su aplicación. Pero hoy existen alternativas, las células madres inducidas que nos libran de estos conflictos.

La situación es muy distinta en lo relativo a la clonación reproductiva. Partiendo de que es prácticamente posible, uno de los argumentos en contra de la misma tiene que ver con las limitaciones de la técnica. Pero es evidente que estas limitaciones se podrían superar con tiempo e investigación. Llegado ese momento nada podría impedir que se practique, lo que presumiblemente abrirá un nuevo mercado (legal o ilegal) en el que aquellos que puedan permitírselo podrán generar clones de sí mismos.

Sí conviene que tengas claro Adrián que la clonación reproductiva no servirá en ningún caso para recuperar seres queridos, ni para hacernos inmortales. Por otra parte su utilidad en otros campos es potencial y limitada. Entonces, ¿deberíamos detener cualquier esfuerzo de investigación que directa o indirectamente nos acerque a la posibilidad de generar clones de seres humanos? En este caso como en cualquier investigación científica y en sus posibles aplicaciones siempre hay riesgos; riesgos muchas veces sutiles y difíciles de comprender. Pero nuestra sociedad y nuestra cultura, basada en valores democráticos y en el respeto a la libertad individual, dispone de un medio para resolver estas cuestiones: el debate democrático y el análisis ético. Se trata por tanto de llevar, en paralelo a la

investigación científica, la ética, la jurídica y la social. O dicho de otra manera investigar al mismo tiempo sobre los principios que rigen el proceso reproductivo y sobre las consecuencias de lo que se investiga, aceptando y limitando sus riesgos.

La actividad científica debe estar regulada por la sociedad a través sus instituciones y de la representación política. Instituciones y representación en los que las únicas fuerzas y argumentos no deben ser las puras del mercado y del beneficio económico. Lo cierto es que más allá del sensacionalismo que pueda darse en algunos medios de comunicación, la posibilidad de clonar seres humanos ha pasado de ser ciencia-ficción a constituir un hecho técnicamente posible y, sin duda, inminente. La sociedad de nuestro tiempo se ve, una vez más, forzada a dar respuesta urgente a cuestiones que aluden al centro mismo de nuestra cultura, e impelida a autorregularse a un ritmo superior a su capacidad de asimilación.

Ante esta situación en donde se mezclan y confunden riesgos y posibilidades, ¿debe la comunidad renunciar a los beneficios potenciales por el rechazo ético que generan las cuestiones asociadas con la clonación humana en cualquiera de sus modalidades?; ¿condenaremos al nuevo Frankenstein como hizo la sociedad de la novela de Mary Shelley?; ¿adoptaremos la solución de imponer a todos un juicio inspirado por principios espirituales o la de permitir a los ciudadanos juzgar por sí mismos sobre cuestiones que, como las que surgen con relación a la clonación humana, son definitorias y nos afectan íntimamente?

Muy probablemente a ti te tocará participar en este debate y en la toma de decisiones como ciudadano en cuestiones directa o indirectamente relacionadas con la clonación humana. Y en un tema como este Adrián, en el que subyacen conceptos científicos, tecnológicos y biomédicos, para que puedas tomar una decisión responsable es necesario que en primer lugar, conozcan mínimamente los fundamentos científicos y tecnológicos del proceso. Porque sólo a partir de la información y del conocimiento es posible la reflexión y la opinión informada que debe preceder a cualquier toma de decisiones. Esta es una de las razones que me animado a escribirte esta carta; que ojalá no te haya aburrido.

Un abrazo,

Néstor

Nestor V. Torres Darias

Catedrático de Bioquímica y Biología Molecular

Universidad de La Laguna

Tenerife

ntorres@ull.es

Bioética: una necesidad para el encuentro entre la ciencia y los valores sociales

M^a Ángeles del Brío León

Profesora de la Facultad de Medicina de la Universidad de Oviedo y del Máster en Bioética y Derecho de la Universidad de Barcelona

abrio@uniovi.es

24 Tradicionalmente, la formación universitaria en la rama de las ciencias experimentales carecía por completo de la práctica de la reflexión ética, debido a que todo el mundo asumía que la conducta ética estaba implícita en la construcción científica. En general, la visión clásica de que el científico pertenecía a un grupo de hombres buenos regidos por normas no escritas, era asumida por todos. No existía espacio para la ética, porque se daba por supuesto que el desinterés, la objetividad y el buen hacer altruista constituía el ethos de la ciencia (1). Sólo los estudiantes de medicina, eran aleccionados en una Deontología Médica para el ejercicio de su profesión.

Este fue el ambiente en el que yo me formé como profesora universitaria, tanto para las labores docentes como investigadoras y que con el paso del tiempo tanto ha cambiado, si tenemos en cuenta el complejo entramado de intereses de todo tipo que han ido apareciendo alrededor de la investigación biomédica a nivel mundial.

Así pues, durante los años posteriores a mi formación, consciente de la repercusión ética, social y económica de mi trabajo como universitaria y en orden a reflexionar acerca de mis propias categorías morales y promover el respeto por los derechos humanos, al margen del ámbito científico, sentí la necesidad de encontrar criterios sólidos que justificaran mis actuaciones y debo señalar que en muchas ocasiones el desánimo se apoderó de mi.

La puesta al día de las clases de Biología Celular que imparto a los alumnos de Medicina y Bioquímica, obligaron a interesarme por las cuestiones éticas que comenzaban a plantear la aplicación de los avances biotecnológicos al inicio de la vida y con ello a descubrir la Bioética y el Derecho. Así, hace ya cerca de diez años, tomé la decisión de ir más allá del ámbito de los hechos científicos, alejarme de la experimentación científica a la que estaba tan acostumbrada, para adentrarme en el mundo de la bioética, en el cuál te implica también como persona.

Ha sido durante los últimos diez años cuando más he comprobado la necesidad de contar como universitaria, con esta nueva "herramienta" que ayuda a conocerme mejor "por dentro" y también a interesarme por lo que piensa la sociedad acerca del avance en el conocimiento biológico y la aplicación de las nuevas tecnologías en el campo de las ciencias de la vida.

Aunque el comienzo no fue fácil, los años que llevo viviendo mi actividad profesional desde estas dos perspectivas, han servido para demostrarme que los científicos que pueden llegar a tomar decisiones con consecuencias trascendentes para la vida, que tienen que ver con concepciones de lo bueno y lo correcto, con intereses propios y ajenos, públicos y privados, arreglos institucionales y

actitudes personales, normas generales y decisiones individuales, han de ocuparse en contar con criterios que orienten sus acciones. Y para ello han de dedicar un tiempo a reflexionar, no solamente sobre temas relacionados con la preservación de la vida, sino también a familiarizarse con los principios de la bioética, asumiendo siempre que la prudencia, la incertidumbre y la duda deben ser el antídoto contra los dogmatismos científicos, políticos y morales.

Al igual que las células con el paso de los años, desarrollaron los sistemas de comunicación necesarios para acoplarse en los tejidos y conseguir con ello la aparición de nuevas propiedades y el funcionamiento armónico del organismo, el ser humano con todas sus capacidades, debe saber generar una ética universal, que logre conducirnos a todos al funcionamiento armónico de toda la sociedad. Y para ello será necesario que los implicados, científicos, medios de comunicación y políticos estén dispuestos a informar honestamente a los ciudadanos y además sepan escuchar su voz.

Todo esto tiene mucho en común con las bases de la Bioética Global propuestas, en 1970 (2) y 1971 (3) por el profesor Van Rensselaer Potter, director del Laboratorio McArdle, adscrito a la Universidad de Wisconsin, respecto a que "el conocimiento y los valores nos permitan entender el sentido y destino de la vida" y que "la equidad intergeneracional e interespecies es la condición para el bien supremo de la supervivencia".

Así pues, el enriquecimiento personal y profesional que ha supuesto para mí el descubrimiento de la Bioética me lleva a reclamar la necesidad urgente de transmitir a los futuros profesionales no solamente conocimientos científicos, sino también a desarrollar en ellos, a través de la metodología propia de la Bioética, competencias que les ayuden a realizar juicios de valor sobre su responsabilidad con el futuro.

Mi motivación por la Bioética es tan profunda, que aunque la mayor parte de nuestras demandas han sido recibidas con indiferencia entre los profesores universitarios de nuestro entorno, el interés mostrado entre los jóvenes científicos me ha animado a escribir en esta revista, que cumple con dos de las características fundamentales de la Bioética, el de ser un foro abierto en temas de la biología más actual y llevado a cabo bajo una perspectiva tanto inter como multidisciplinar.

Bibliografía citada:

1. Grupo de trabajo ceab. *Controles éticos de la actividad biomédica*. Drug Farma, S.L. Madrid, 2009.
2. Potter VR. Bioethics: The science of survival. *Perspectives in Biology and Medicine* 14:127-153, 1970.
3. Potter VR. *Biethics: Bridge to the Future*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, New Jersey, 1971.

¿Podría el virus del SIDA ayudarnos a curar el SIDA?

Carolina Valle Piqueras

Gerente de Centro de Formación Máster FP, Estepona, Málaga.
centromasterfp@gmail.com

En un artículo presentado en el número 130 de *Encuentros en la Biología* titulado "La cura del SIDA quizás muy cerca" se explicó la posibilidad de abordar el tratamiento de dicha enfermedad mediante la utilización de herramientas propias de la terapia génica, presentándose los resultados esperanzadores de un trabajo de investigación desarrollado con más de 100 voluntarios infectados de SIDA (1). Para hacer más cómoda la lectura del presente comunicado y no hacer al lector tener que buscar el anterior, hago un brevísimo resumen:

En el trabajo de investigación mencionado, utilizando un vector viral determinado, los investigadores consiguieron transferir células madres hematopoyéticas previamente extraídas del propio paciente con un gen que otorga resistencia al virus del SIDA ya que inhibe su replicación. Después inyectaron las células madres a los voluntarios. Tras 100 semanas de seguimiento, a pesar de haberse utilizado dosis mínimas, las personas tratadas no habían sufrido efectos secundarios ni empeorado, dependían menos de la medicación, habían aumentado sus niveles de linfocitos T4 (principales afectados por el virus) y disminuido la carga de virus en sangre.

Pues bien, ahora que los buenos resultados muestran que este tipo de terapia puede funcionar, planteábamos que habría que intentar perfeccionarla, por ejemplo diseñando futuros tratamientos similares en los que se puedan aumentar las dosis, utilizando secuencias antivirales más potentes, intentando solventar los posibles efectos secundarios derivados de una respuesta inmune al producto del transgén, etc.

A continuación vamos a hacer una enumeración más detallada de estas propuestas de mejora:

1. En lo que respecta a intentar solventar o evitar una respuesta inmune al producto del transgén: se podría probar a introducir otro gen que codifique para una proteína capaz de impedir el "marcaje" de las células transformadas, y por lo tanto no sean reconocidas por el propio sistema inmune del paciente. Una vez que las células madre modificadas consiguieran mantenerse protegidas y activas, el próximo reto sería conseguir que éstas, al diferenciarse, siguieran expresando los genes de interés y se mantuvieran a salvo de la autoinmunidad. No obstante, en los experimentos del citado trabajo de investigación, a pesar de no haber introducido genes protectores para impedir la autoinmunidad, obtuvieron buenos resultados.

2. Otra posibilidad para evitar respuesta autoinmune sería, en vez de utilizar un transgén que codifique para alguna proteína inhibidora del VIH, transferir secuencia de uno o bien de varios tipos de DNA a

los que podríamos llamar DNA antisentido, ya que serían secuencias que al ser transcritas darían lugar a RNA mensajeros complementarios a los de proteínas importantes para el virus, como por ejemplo antisentidos de la proteasa, de las proteínas de la cápsida, etc... La secuencia de DNA deseada se insertaría igual que cualquier secuencia génica introducida en el vector viral. De esta manera habríamos solucionado la posible respuesta inmune frente al producto del transgén, puesto que el producto o productos en este caso (RNAm citoplasmáticos no traducibles) carecerían de actividad inmunógena. Simplemente actuarían hibridando con los RNAs mensajeros de proteínas importantes para el virus, como si de una hibridación *in situ* se tratara, impidiendo la traducción (2).

3. Otra posible mejora a los experimentos del trabajo de investigación de la introducción sería transformar no sólo las células madre, sino las CD4 también para asegurarnos de la presencia de linfocitos T4 resistentes aunque el timo del paciente esté dañado. Investigadores como Carl June (3) proponen utilizar estas células en vez de las células madres, incluso probar con ambos tipos celulares podría ser interesante.

4. Las estrategias de la terapia génica, como vemos, parecen dar mucho juego. He aquí otra posibilidad: inyectar directamente al paciente los vectores virales modificados, por punción venosa o intramuscular. Este no es el modo habitual de operar en terapia génica, pero si conseguimos vectores VIH seguros que mantengan la capacidad de infectar sus células diana naturales, y que además sean capaces de hacerlo en linfocitos T previamente infectados, podríamos convertir las células así tratadas en resistentes al VIH patógeno (siempre y cuando la secuencia de interés consiga insertarse en el genoma y realizar después bien su función). La estrategia vendría a ser utilizar un VIH para luchar contra otro VIH, utilizar sus propias armas: "si no puedes con el enemigo únete a él" (4). Nuestro virus modificado sería incapaz de replicarse y producir proteínas inmunógenas innecesarias pero, por otro lado, conseguir la reinfección de la célula por un retrovirus del mismo subgrupo es bastante complicado debido a la propiedad de interferencia que poseen los retrovirus. De hecho, parece ser que el receptor de membrana celular para el virus (receptor CD4) es recubierto por material de la envuelta viral del primer retrovirus durante su infección (también se especula que se podría producir un cambio en dicho receptor tras la infección), haciéndolo incompatible para la infección por otro virus de un subgrupo homólogo (lo que dificultaría el uso de virus de la subfamilia Lentivirinae e incluso de otros componentes de la familia Retroviridae). Una posible alternativa sería mirar hacia otras familias virales, con nuevas ventajas e inconvenientes, o bien realizar una

25

serie de inyecciones de nuestro virus VIH modificado para ir disolviendo el patógeno hasta conseguir prácticamente su desaparición.

No obstante, la aproximación que se acaba de plantear podría tener el inconveniente de que se crearan anticuerpos frente a nuestro vector VIH más que frente al VIH patógeno, dado que el primero sería incapaz de mutar. Sin embargo, nuevamente habría una solución alternativa posible, por ejemplo consiguiendo ensamblar nuestro virus de síntesis en un medio en el que se puedan rodear de membrana procedente del propio paciente, tal como suelen hacer los VIH para eludir al sistema inmune (quizás en un medio con mezcla de linfocitos T lisados y/o enteros). A su vez nuestro virus podría transportar uno o varios DNAs antisentido, como se ha planteado en el punto 2, en vez de un transgén para reducir también de este modo la reacción inmune.

Es definitiva, resumiendo lo que sería la estrategia 4, ésta consistiría en inyectar al paciente virus VIH

modificados portadores de DNAs antisentido, ensamblados de tal manera que quedarían enmascarados por membranas celulares del propio paciente, nuestro virus así no despertaría respuesta inmune y conseguiríamos hacer resistentes a las mismas células diana del virus VIH patógeno.

Con el presente artículo he intentado mostrar que las herramientas de la terapia génica ofrecen bastantes posibilidades, al menos teóricas, para llevarnos a la cura definitiva de la enfermedad. Nos queda ver si los pocos grupos de investigación que han emprendido su andadura en la búsqueda de una cura para el SIDA utilizando ese tipo de herramientas obtienen buenos resultados. También habría que animar a muchos más grupos de investigación a desarrollar nuevos proyectos basados en terapia génica para abordar no sólo el tratamiento de esta enfermedad, sino de otras muchas. Y aunque en la realidad se presenten bastantes dificultades, con buen abordaje y empeño podrían llegar a superarse.

Bibliografía citada:

1. Mitsuyasu RT, Merigan TC, Carr A, Zack JA, Winters MA, Workman C, Bloch M, Lalezari J, Becker S, Thornton L, Akil B, Khanlou H, Finlayson R, McFarlane R, Smith DE, Garsia R, Ma D, Law M, Murray JM, von Kalle C, Ely JA, Patino SM, Knop AM, Wong P, Todd AV, Houghton M, Fuery C, Macpherson JL, Symonds GP, Evans LA, Pond SM y Cooper DA. Safety and Efficacy of Autologous CD34+ Hematopoietic Progenitor Cells Transduced with an Anti-Tat Ribozyme in a Multi-Center, Randomized, Placebo-Controlled, Phase II Gene Therapy Trial for the Human Immunodeficiency Virus. *Nat Med* 15: 285–292, 2009.
2. Leonard JN y Schaffer DV. Computational Design of Antiviral RNA Interference Strategies That Resist Human Immunodeficiency Virus Escape. *Journal of Virology* 79: 1645-1654, 2005.
3. Wang GP, Levine BL, Binder GK, Berry CC, Malani N, McGarrity G, Tebas P, June CH, Bushman FD. Analysis of lentiviral vector integration in HIV+ study subjects receiving autologous infusions of gene modified CD4+ T cells. *Mol Ther* 17:844-50, 2009.
4. Pluta K, Kacprzak MM. Use of HIV as a gene transfer vector. *Acta Biochim Pol* 56: 531-95, 2009.

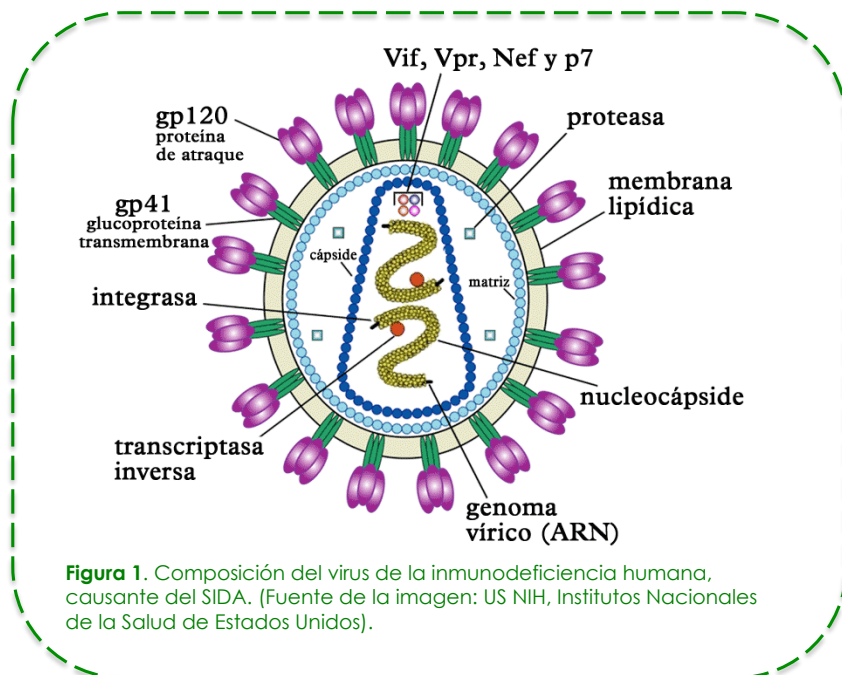


Figura 1. Composición del virus de la inmunodeficiencia humana, causante del SIDA. (Fuente de la imagen: US NIH, Institutos Nacionales de la Salud de Estados Unidos).

Escribir bien no cuesta trabajo

Antropónimos, epónimos, y los nombres de unidades

Alguno se sorprenderá porque no sabrá de qué va el contenido de este artículo, pues utiliza un par de palabras muy específicas de la gramática española. Para empezar, hay que saber que un **antropónimo** no es más que el nombre propio con el que se identifica a una persona, por lo que consta del nombre de pila y de uno o más apellidos.

Durante mucho tiempo resultó habitual traducir los nombres propios de las personas: quién no recuerda a Tomás Moro (*Thomas More*), Julio (*Jules*) Verne, Renato (*René*) Descartes, Rogelio (*Roger*) Bacon, Raimundo Lullio (*Ramon Lull*), Carlos (*Karl*) Marx y tantos otros. Pero hoy en día no es esta la tendencia, puesto que la Real Academia Española indica que:

Los nombres propios de otras lenguas no hispanizados se escriben como en la lengua original —no es necesario distinguirlos gráficamente— y tampoco están sujetos a las reglas de la ortografía española

Por tanto, lo normal es que se dejen los nombres (y sobre todo los apellidos) tal cual son, con todas las letras y acentos tal cual se escriben en su idioma de origen: Frédérique, Robinson, Robert, Adélaïde, Michèle, Réginald, Jürgen, Mattias, etc. La única excepción son **los nombres de los reyes y los papas**, que **sí se traducen**. ¿Dónde está entonces el problema?

Pues el problema surge por un lado, al leer o traducir un texto inglés en el que faltarán, casi con total seguridad, los caracteres diacríticos (diéresis y acentos, principalmente), que nos arrojarán perlas del tipo Perez, Lopez, Diaz, Munoz, y Vinuela. La cuestión se complica más cuando se trata de un texto en inglés que contiene antropónimos de otros idiomas que contienen

diacríticos (alemán, sueco, checo, polaco) o que no utiliza los caracteres latinos (ruso, griego, árabe, chino, japonés, etc.). En este caso, la adaptación del nombre que vemos en inglés no se ajusta a la adaptación del mismo antropónimo al español. En nuestro idioma hay que transcribir los sonidos foráneos al alfabeto latino y poner los acentos conforme señalan las reglas del castellano: Mustafá, Alí, Pávlov (Páulof), Iván, Chéjof (Chéjov) o Shostakóvich. Pero **no podemos tomar los nombres propios tal cual aparecen en inglés**, ya que se adaptan con unos criterios distintos a la adaptación al español. Resulta especialmente chocante en las noticias de televisión y periódicos donde debería decir Hásán (y no *Hassan), Huseín (y no *Hussein), Abdalá o Abdalah (y no *Abdallah), Ben (y no *Bin), Chéjof o Chéjov (y no *Tchekhov ni *Chekhov), Sájarof (y no *Sakharov), Jalifa (y no *Khalifa) o Chaicovski (y no *Tchaikovsky ni *Tschaikowski).

Una buena ayuda para saber cómo se escriben correctamente los nombres la encontramos en la web

<http://dominique.dormet.free.fr/index.php?lang=es>.

En el número 132 de esta revista, en la página 13, se mencionaron los **epónimos**, que consistían en la utilización de un nombre propio de persona o lugar para designar un pueblo, una época, una enfermedad, una unidad, un objeto, etc. En este artículo se explica que los epónimos se escriben con minúscula (si eran el sustantivo principal) o con mayúscula (cuando era una aposición o adjetivo, que modificaba a

otro sustantivo). No vamos a insistir más en ello.

El caso que nos interesa destacar aquí es el de los nombres de las unidades del Sistema Internacional de Unidades, en el que muchas de las unidades proceden de apellidos ilustres, como Newton, Pascal, Ampère, Volta, Faraday, Coulomb, Joule, etc. Lo que tenemos que tener bien claro es que el nombre de las unidades, sea cual sea su origen, se escribe en **minúsculas** (metro, gramo, newton, faraday, amperio, radián, voltio, julio, culombio). Es más, el nombre ha de **castellanizarse**, por más que algunos científicos crean incorrectamente que el nombre debe permanecer invariable. Este error se debe a que lo que permanece invariable en todos los idiomas es el símbolo de la unidad, que se escribe, además, sin punto. Así, el símbolo de las unidades anteriores es, respectivamente, m, g, N, F, A, r, V, J, C. ¿Por qué unas con mayúscula y otras con minúscula? Muy sencillo: el símbolo de la unidad se escribe con **mayúscula cuando procede de un apellido** (Kelvin: K, Pascal, Pa, Gray, Ga, Bequerel, Bq, Joule: J, Coulomb, C, Herz: Hz), mientras que se escribe en **minúscula cuando procede de un nombre común** o inventado (litro: l, segundo: s, candela: cd, katal: kat).

Por tanto, los nombres de las unidades del Sistema Internacional tienen la calidad de sustantivos comunes. Por eso siguen todas las reglas gramaticales del español, incluidas la formación de plurales. El género de las unidades derivadas de epónimos será siempre masculino.

27

M. Gonzalo Claros claros@uma.es

Para saber más:

M. G. Claros (2009) **Ideas, reglas y consejos para traducir y redactar textos científicos en español**. Bubok Publishing S.L. (<http://www.bubok.es/libro/detalles/15543/>).



2011: AÑO INTERNACIONAL DE LOS BOSQUES

Los bosques protegen y conservan los suelos, absorben y almacenan ingentes cantidades de carbono, proporcionan alimentos, productos medicinales y materiales para la construcción y albergan el 80% de la biodiversidad terrestre. La explotación de todos estos recursos movió más de trescientos mil millones de dólares en 2004. Los bosques cubren el 31% del total de tierras emergidas y de ellos el 36% son bosques primarios. Los bosques albergan alrededor de 300 millones de habitantes en todo el mundo y la supervivencia de 1.600 millones de personas depende de los bosques. Estos son algunos de los grandes motivos que justifican sobradamente que la ONU haya declarado 2011 el Año Internacional de los Bosques.

Los bosques son ecosistemas maduros y robustos pero extremadamente sensibles a la rapacidad y labor destructiva del ser humano. Las cifras son estremecedoras: por ejemplo, ¡estamos perdiendo unos 200 kilómetros cuadrados de bosque cada día! Esto no es todo; hay más malas noticias. Se estima que la actual tasa de deforestación de las selvas tropicales puede dar cuenta de la extinción de unas 100 especies de seres vivos al día. Muchos conflictos bélicos tienen como escenario zonas boscosas, que son salvajemente dañadas.

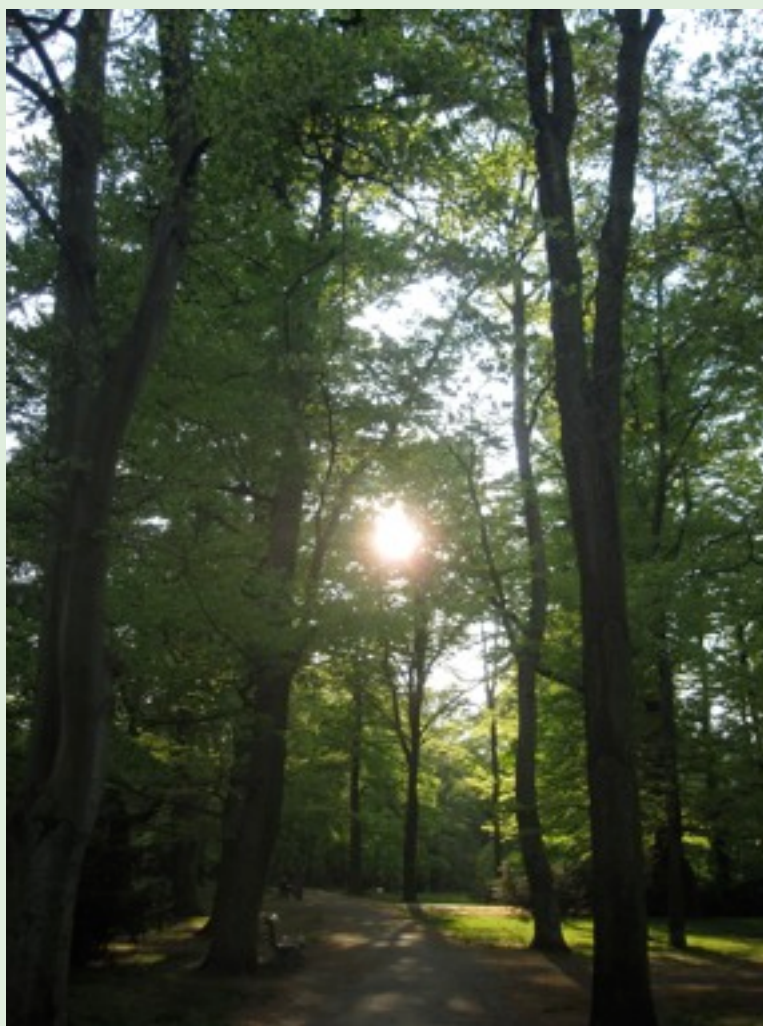
En un preocupante escenario de cambio climático, la deforestación y la degradación de los bosques representan más del 17% del total de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero. En los momentos actuales de crisis energética y de búsqueda de fuentes de energía alternativa, los monocultivos destinados a generar biocombustibles están causando talas masivas y roturación de extensiones

enormes de suelos antes boscosos. Todo este preocupante (cuando no sombrío) panorama hace particularmente necesaria una llamada de atención mundial en favor de la protección de los bosques.

Afortunadamente, no todo son malas noticias y hay signos de esperanza, como

bosques. Por su parte, en 2008 el gobierno brasileño anunció un engrandecimiento sin precedentes de su red de espacios protegidos hasta cubrir cerca de los 600 mil kilómetros cuadrados de la cuenca amazónica en 2016. Esta iniciativa se complementa con la creación del *Amazon Fund*, unos fondos

dotados con 21 mil millones de dólares para proyectos diseñados para prevenir la deforestación y apoyar la conservación y el desarrollo sostenible de la Amazonía. Otra exitosa iniciativa ha sido la *Campaña de los Mil Millones de Árboles*, auspiciada por el Programa Medioambiental de las Naciones Unidas, que ha superado sus objetivos iniciales en sólo 18 meses, de forma que ahora se plantea llegar a los 7 mil millones de nuevos árboles plantados. La Unión europea y diversos estados africanos están actualmente realizando un enorme proyecto que persigue crear una "muralla verde" de árboles a lo largo del Sáhara con la intención de detener y hacer retroceder la desertización y de esa forma proteger los espacios agrícolas y mejorar las condiciones de vida en el Sahel. Y permítase un último ejemplo, en esta ocasión de iniciativa privada: diversas compañías navieras y aseguradoras están



demuestran las iniciativas que recientemente se han llevado a cabo, así como las que están en vías de realización y las previstas para el cercano futuro. Un ejemplo de iniciativa nacional duradera y exitosa lo representa el caso de Francia, cuyo espacio forestal había bajado del 10% de su superficie total a finales del siglo XIX y que -poco más de un siglo después- representa ya casi el 30% de su superficie, con una tasa de crecimiento anual de unas 30 mil hectáreas de nuevos

financiando un proyecto de 25 años de duración para restaurar el ecosistema forestal a lo largo del Canal de Panamá.

Además de todo lo dicho, los bosques son fuentes de salud, bienestar y satisfacción estética. ¡Ojalá no vuelva a hacer falta otro Año Internacional para recordarnos a todos nuestra responsabilidad en la preservación del tesoro de vida que los bosques representan!