

hipótesis

Ciencia y Emoción



Universidad
de La Laguna



Así es un animalario por dentro

AUTOR JUANJO MARTÍN
FOTOGRAFÍA MIGUEL VENTURA

En Los procesos biológicos son extremadamente complejos; desde el funcionamiento interno de una célula hasta el movimiento de un brazo requieren de una concatenación de efectos que se despliegan a modo de fichas de dominó, una especie de reacción en cadena abrumadoramente difícil de entender. Para poder abordar esta complejidad las mujeres y hombres de ciencia recurren a modelos biológicos simplificados de los sistemas objeto de su atención. De esta manera acotan los problemas de manera que puedan controlar las reglas del juego y el desarrollo de "la partida". Un ejemplo de modelos biológicos son los cultivos celulares, una pequeña población de células aisladas en donde podemos ensayar como actúa, por ejemplo, una sustancia activa que sobre la que queremos conocer sus efectos sobre estas.

Pero si queremos que esta sustancia se convierta algún día en un medicamento seguro debemos estudiar sus efectos en niveles superiores, ascender en la escala biológica escalón a escalón, hasta llegar al ser humano. En este proceso se hace uso de los modelos animales, recreaciones de nuestra realidad biológica accesibles, controlables y manipulables. Estos modelos nos permiten entender la evolución de una enfermedad, probar estrategias para su curación o para avanzar en el conocimiento básico del funcionamiento biológico.

Los modelos animales más conocidos por la ciencia, y por la sociedad, son los ratones; los ratones de laboratorio. Estos roedores se utilizan en investigaciones biomédicas desde la primera década del siglo XX. Han pasado más de cien años y mucho ha cambiado el panorama en relación al uso y control de estos recursos de investigación. Hoy día las universidades y centros de investigación cuentan necesariamente de lugares específicos donde se crían y cuidan los animales que se utilizarán en investigación; son los animalarios o estabularios. Hemos visitado el de La Universidad de La Laguna.

Situado en el Campus de Anchieta, lo primero que nos llama la atención es el edificio, de estructura singular. Se trata de una construcción de una sola planta y sin muchas ventanas, lo que le da un aire de bunker. Pero al entrar comprobamos que el ambiente en su interior no para nada bélico; al contrario. En la recepción nos encontramos con una selección de revistas especializadas sobre animales de laboratorio y una serie de despachos, desde donde sale a saludarnos la directora de esta instalación, María Rosa Arnau, veterinaria, que lleva desde el año 1991 trabajando y cuidando a animales de laboratorio.



Sin saber muy bien por qué unas de las primeras cosas que les planteamos fue el precio de estos roedores, ¿Cuánto cuestan estos ratones?

Es caro. Pondré un ejemplo. Vamos a traer dos ratones (macho y hembra) desde la Universidad de Salamanca. Poner los ratones en Tenerife nos cuesta 1.100€ y eso sin contar el precio de los animales que en este caso nos los ceden gratuitamente. Hay una ley que regula el transporte de animales en virtud de la cual estos deben viajar en vehículos climatizados. Eso hace que los investigadores canarios estén en desventaja ante sus colegas peninsulares. Investigar aquí, ya solo por esto, es más caro; no competimos en igualdad de condiciones.

Pero ¿qué pasa cuando hay que pagar los ratones? Se acerca a su despacho y regresa con un archivo lleno de facturas y proformas.

Al margen de los costes de transporte los ratones son caros. Los compramos a empresas internacionales especializadas en la cría de estos animales. Dependiendo del tipo de ratón los precios pueden llegar a ser muy altos. Tenemos unos ratones transgénicos fluorescentes que costaron 6.000 €. Cuanto más específicos, porque tienen una enfermedad concreta, más caros. Hay algunos que no están a nuestro alcance.

La buena noticia es que luego esos ratones se reproducen en la isla, con lo que normalmente solo los tienes que adquirir una vez. Aunque mantenerlos tampoco es fácil ni barato. Hay que limpiar las jaulas, someterlos periódicamente a controles analíticos, criogenizarlos, alimentarlos, etc. Además, los animales no entienden de vacaciones o días de fiesta. Pero no solo hay ratones.

En el animalario hay, además de ratones, ratas, ranas, conejos y mosquitos. En ocasiones tenemos también cerdos, pero solo para formación y prácticas de personal, no residen aquí.

Después de esta pequeña introducción visitamos el animalario. La primera parada nos lleva a la sala de control, en donde carios paneles nos muestran el plano del edificio con luces de colores en cada habitación. Nos explica María Rosa que esas luces informan sobre el estado de climatización de cada espacio y las posibles alarmas, si las hubiera. Luego nos tenemos que poner en los zapatos para entrar en el lugar donde están los animales. A cada lado de un pasillo hay habitaciones en cuyo interior observamos estanterías con urnas de plástico con ratones en su interior. Sin duda el ratón es el animal más numeroso ¿por qué?

Se comenzaron a utilizar ratones por varios motivos. Se reproducen rápidamente; podemos tener una generación completa en diez semanas, lo que permite seguir su evolución rápidamente. Se reproducen mucho, hasta quince crías por camada, lo que otra ventaja importante. También, al ser animales pequeños, de apenas veinte gramos, se economiza en espacio; en un metro cuadrado podemos criar tres mil ratones por año. También se utilizan ratones porque genéticamente son bien conocidos; actualmente se pueden criar ratones que carecen de genes concretos, lo que permite simular así algunas enfermedades.

Pero el ratón no sirve para todo. Nos cuenta que unas de las características de estos animales es que no tiene la capacidad de vomitar, así que si quieres investigar algo relacionado con esta expulsión violenta debes utilizar otros modelos.

Paseando por los pasillos del animalario comprobamos que tiene un aspecto muy distinto al que imagina algunas personas animalistas; para nada recuerda a una sala de torturas. Le preguntamos sobre cómo se tratan a los animales en estas instalaciones.

Tratamos a todos los animales siguiendo un riguroso código de ética y de acuerdo con la normativa europea, muy exigente, que establece cómo debe ser la cría, las intervenciones o el sacrificio. Ahora, por ejemplo, no se pueden utilizar animales para ensayos de cosméticos. Siempre se usa la sedación, para evitar sufrimientos innecesarios, y siempre también el menor número de animales posible. Tampoco se puede repetir un experimento que ya se haya realizado con anterioridad. En las jaulas deben tener elementos para que puedan hacer nidos o jugar. Hemos comprobado que cuanto más pequeños sean sus niveles de estrés más fiable son los estudios. Animales estresados o maltratados no son útiles para la investigación.



Las cabañuelas: los datos lo confirman, sus predicciones no funcionan

AUTOR JERÓNIMO HERNÁNDEZ GONZÁLEZ

INFOGRAFÍA CARLA GARRIDO

Dr. Investigador en Aprendizaje Automático.
Universidad del País Vasco.

Agosto, mes de vacaciones, sol, playa y, para muchos de los que estamos fuera, es también un mes de vuelta a casa. Las ganas de disfrutar de nuestra tierra y nuestra gente chocan, con cierta frecuencia, con el tiempo, que tiene fama de cambiante durante este mes de agosto. Muchos de los que hemos crecido en el entorno rural del norte de Tenerife habremos escuchado a nuestros mayores excusar el mal tiempo: "Son las cabañuelas, el próximo mes de febrero lloverá mucho", nos decían. Una explicación que convencía a pocos –"Eso son cuentos", solía responder alguien– y que otros, sobre todo los más pequeños, no acabábamos de entender.

Las cabañuelas, esa excusa estival, son un método tradicional de predicción del tiempo del año próximo basado en la observación de la climatología de los primeros días de agosto. Con orígenes en la tradición de las comunidades judías de la península ibérica hace cientos de años, llegaron a Canarias tras la colonización de las islas. Perviven en diferentes puntos de la geografía española y sus antiguas colonias, con pequeñas variaciones en cuanto al cálculo y medición. Las más conocidas en nuestro entorno se calculan usando las condiciones climatológicas observadas durante cada uno de los 12 primeros días del mes de agosto, las cuales se corresponderían con las condiciones esperables durante el mes correspondiente del año siguiente (el día 1 para predecir el mes de enero, el día dos con febrero, etc.). Como si de una segunda vuelta se tratase, las observaciones del 13 al 24 se volverían a corresponder con los 12 meses pero en sentido contrario (desde el día 13, que serviría para predecir el mes de diciembre, hasta el 24, para enero).

Ésta es sin duda una práctica tradicional de gran relevancia desde el punto de vista de la etnografía; un conjunto de predicciones que probablemente han influenciado la toma de decisiones de nuestros antepasados, trabajadores del campo, sus siembras, sus cosechas y demás suertes. Como tal, están incorporadas al imaginario popular de muchas comunidades de las islas. Pero, ¿qué hay de verdad en las cabañuelas? Ésta es la pregunta que nos planteábamos no hace mucho en una charla de amigos. Aunque el escepticismo era mayoritario, no fuimos capaces de encontrar ningún artículo o referencia con base científica (estudio riguroso) con información al respecto. Guiado por la curiosidad, decidí que esto no iba a quedar así: no tenía una respuesta pero sabía cómo conseguirla.

Vivimos en la era de los datos, la gran revolución de nuestros días. Como producto de nuestra forma de vida actual, cada día se generan y se almacenan cantidades inimaginables de datos. No es casualidad que este esfuerzo en la recolección de datos haya coincidido con el abaratamiento del coste de almacenamiento digital y, en general, con la mejora de la capacidad, también de cómputo, de los ordenadores actuales. En este caldo de cultivo, todo un campo de conocimiento se desarrolla a toda velocidad: la minería o análisis de datos. El marketing empresarial ha hecho que hoy en día también se le conozca con el término inexacto de BigData, el cual, con toda probabilidad, ya has escuchado. Inexacto porque el concepto de BigData abarca todos los retos asociados al manejo de grandes volúmenes de datos, no sólo a su análisis.

Conjuntos de datos de gran tamaño son ágilmente procesados y analizados con técnicas que han tenido que adaptarse a estas nuevas circunstancias y que han multiplicado su potencia gracias a la capacidad de cómputo de los ordenadores modernos. Técnicas matemáticas, principalmente estadísticas, muchas de las cuales no son precisamente recientes, se usan para obtener, a partir de los datos, información en la forma de pautas, regularidades, patrones, etc. Mientras de manera sencilla se dice que la mente humana lidia con facilidad con unas pocas variables (3-5), las técnicas de minería de datos pueden llegar a analizar conjuntos de datos con cientos o incluso miles de variables en busca de relaciones ocultas en los datos que expliquen un comportamiento de interés. Es fácil, hoy en día, encontrar información de calidad sobre este tipo de técnicas.

Pero, no nos alejemos del tema. Nos habíamos planteado una pregunta clara: ¿son las cabañuelas realmente fiables?. Esta vez, la respuesta no la encontramos en los libros, la respuesta está en los datos: dejémosles que hablen. Gracias a las series de datos recogidas y facilitadas por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), me propuse analizar la capacidad predictiva real de las cabañuelas: ¿son certeras sus predicciones? En total, se disponía de 45 años de datos diarios sobre cuatro variables climáticas (lluvia, viento, temperatura y presión atmosférica), recogidos por múltiples estaciones meteorológicas a lo largo de toda la vertiente norte de la isla de Tenerife. El análisis de series temporales de datos es un reto en sí mismo pues introduce una componente adicional en cualquier estudio que se quiera plantear: el tiempo. Los datos, con muchos valores perdidos, ausentes por fallo en los sensores o (des)activación de alguna de las estaciones, se completaron usando técnicas populares del área para rellenar los huecos. A continuación, se combinaron los series de las de frecuencia mensual: la real, la media mensual de los datos reales recogidos, y la predicha por las cabañuelas usando los primeros días de agosto. Para responder a la pregunta observaremos si la serie multivariada propuesta por las cabañuelas tiene capacidad predictiva, es decir, se parece a la serie real.

Precisamente, dentro de la familia de técnicas de la minería de datos, las de aprendizaje automático son las que están diseñadas para producir modelos predictivos. Son técnicas matemáticas que relacionan una variable de interés (la variable a predecir) con otras variables descriptivas. ¿Cuál será la temperatura del próximo lunes dadas las variables climatológicas actuales? Dado un paciente con ciertas dolencias y características, ¿sufrirá de neumonía? Son el tipo de preguntas que puede resolver este tipo de modelos. Desde el punto de vista informático, la novedad reside en el hecho de que no se escribe un algoritmo (conjunto de órdenes en lenguaje de programación) que da respuesta a la pregunta sino un programa que aprende o configura por sí mismo un algoritmo con esa capacidad de respuesta.

Se ha cuestionado mucho la bondad de este tipo de técnicas. Se suele afirmar que son una caja negra, una bola de cristal que, a la hora de predecir, transforma los datos de manera incomprensible para un ser humano. Pero la realidad es que muchas de las técnicas son interpretables. De hecho, no sería del todo correcto hablar de técnicas no interpretables, sino de técnicas de mayor o menor dificultad de interpretación; es cuestión del tiempo que se le dedique. Además, hay que tener en cuenta que los modelos responden a una única pregunta. Es decir, no se pueden programar para identificar algún tipo concreto de cáncer. Como cualquier tecnología que se ha desarrollado a lo largo de la historia, su uso (qué pregunta esperamos que responda nuestro modelo y con qué objetivo) es lo que determina los peligros de la tecnología misma. En ese sentido, nos corresponde al conjunto de la sociedad en general, y a los científicos expertos en el área en particular, alertar y denunciar los usos nocivos. Valga como ejemplo la movilización contra el uso de esta tecnología con fines bélicos.

En realidad, los usos y ventajas de las técnicas de minería de datos son tantos que están empezando a transformar nuestro mundo. Ya hoy en día, su uso ha ayudado a solucionar numerosos problemas que históricamente se nos habían escapado y a automatizar otros que, por tediosos, difíciles o peligrosos, podríamos confiar al ordenador. Además, el análisis de los datos nos abre las puertas al estudio retrospectivo. Además, la realidad concreta, nos permite hablar con propiedad y discutir, nunca mejor dicho, con los datos en la mano. Es también un campo de investigación apasionante que avanza a pasos agigantados y que necesita de jóvenes motivados y formados que empujen para construir nuevas técnicas de análisis y las apliquen para resolver los problemas, grandes y no tan grandes, de nuestra época. Así se sientan las bases del futuro de una sociedad que aproveche al máximo este nuevo recurso: el dato.

Pues bien, muy a mi pesar, esta vez los pesimistas tenían razón: las cabañuelas son una práctica tradicional con cierto arraigo social pero con poca capacidad predictiva. El estudio demuestra que la diferencia con la realidad es de 28.431,17 puntos. Para interpretar mejor este resultado, podemos compararlo con el que consigue la predicción más sencilla (simplemente se utilizan los valores del año actual como predicción del siguiente). La diferencia es, en este caso, de 1.127,37 puntos. Puedes encontrar más detalles sobre la metodología empleada en el apartado final de datos técnicos. Así se puede observar que el error cometido por las cabañuelas es 25 veces mayor que el de la predicción más sencilla. Sin quitarle un ápice de su valor etnográfico, es hora de confiar a los modelos predictivos de aprendizaje automático y la capacidad predictiva. ■



Por un pacto de colaboración. Las complicaciones de la filosofía y de las ciencias.

AUTOR **MARÍA JOSÉ GUERRA PALMERO**

ILUSTRACIÓN **BEATRIZ GARCÍA FELICIANO**

*Profesora de Filosofía Moral
Universidad de La Laguna*

En mi quehacer docente e investigador me he dedicado a las llamadas Éticas Aplicadas. A finales de los ochenta y durante los noventa se difundieron en España la Bioética, a resultas de la preocupación por las cuestiones que planteaban los desarrollos de las ciencias biomédicas, y la Ecoética, para hacer frente al gran reto planteado por los desequilibrios ambientales derivados del cambio climático o la pérdida de la biodiversidad, consecuencia de la interacción entre naturaleza y sociedad humana. En estos dos campos el diálogo entre las ciencias, e incluso entre las tecnociencias y la filosofía moral y política, ha sido fructífero e incluido al Derecho. Los Comités de Ética de la Investigación, en las universidades, o los Comités de Ética Asistencial en los hospitales, han sido producto de ese trabajo conjunto.

Tras la revolución genética y tecnoreproductiva de la segunda mitad del siglo XX, la agenda bioética incorporó nuevos temas como el de la clonación humana. En el campo de la Ecoética esta interacción ha estado menos institucionalizada, pero la sociedad civil y los movimientos sociales de respuesta a las crisis ecológicas ha propiciado la incorporación de muchas filósofas y filósofos sociales y políticos al debate, hasta el punto de llegar a constituir un corpus sobre la Ética del Medioambiente que sirve hoy de fundamentación a legislaciones y políticas públicas. El impacto de la sensibilidad animalista, por ejemplo, ha hecho que los Comités de Ética de la Investigación incorporaran la preocupación y vigilancia por el bienestar animal. Hoy se abren, además, nuevos campos de debate como el referido a la Ética y la Política de la Alimentación, en la que se problematizan los ensamblajes entre ciencia, economía y ecología en un marco de respeto por los derechos humanos y la justicia global.

Entiendo que, no obstante, las relaciones entre Ciencia y Filosofía son mucho más complejas y abarcan las historias, interrelacionadas, de todas las disciplinas. La Filosofía nació en Jonia, varios siglos antes de Cristo, como Física. La palabra griega *Physis* remitía a la naturaleza y a la comprensión racional de su origen, al margen del mito. Tales de Mileto, Heráclito o Anaxágoras fueron, al tiempo, filósofos amantes de la sabiduría y proto-científicos que planteaban hipótesis sobre el origen del cosmos y que se deslumbraban tanto por la potencia de los fenómenos naturales como por sus regularidades. Hipótesis como la del atomismo por parte de Demócrito fueron fecundas mucho tiempo después. La Filosofía de la Naturaleza, como así se entendió hasta Newton, fue el taller de pruebas, una suerte de laboratorio conceptual en el que arraigó la Física cuando lo empírico se sumó al acervo teórico y se forjó el Método Científico basado en la experimentación. Sin embargo, sin la ideación de hipótesis la ciencia es ciega. Hoy, con la avalancha del Big Data se quiere minimizar el papel de la teoría, pero ya hay voces que alertan de la "mala ciencia" que puede resultar de confiar todo, como meras tendencias, a los flujos indiscriminados de datos. El debate epistemológico y ético está abierto.

Como dice una de mis maestras, Celia Amorós, y yo suscribo, no hay nada más útil que una buena teoría. Ya sea para verificarla, algo filosóficamente muy complicado, como para falsarla, algo más accesible (la maquinaria crítica de la ciencia funciona descartando lo que no funciona). La Epistemología, también llamada Teoría del Conocimiento, es una de las ramas de la Filosofía que analiza los fundamentos de las teorías científicas; sin sus análisis la ciencia puede caer, como muchas veces sucede, en la ingenuidad, al no reflexionar sobre los sesgos y condicionantes de sus propios métodos y conceptos. Puede dar incluso pie a un cientificismo acrítico que pretenda ocupar el lugar de la religión y el dogma. Hume es el filósofo ilustrado que nos alertó de que, aunque el foco potente de luz de la ciencia ilumine un sector de la realidad, siempre es muchísimo más vasto el espacio que nos queda por conocer. Reconocer la propia ignorancia –"solo sé que no sé nada", o que sé muy poco- es el motor del amor por la sabiduría.

La Filosofía es, por tanto, históricamente, el Alma Mater de la Ciencia desde Grecia y en la Edad Media, en la que los árabes tomaron la antorcha de la ciencia aristotélica, hasta la explosión del Renacimiento y la Modernidad mecanicista –cartesiana y newtoniana- que alumbró la especialización y un salto cualitativo espectacular en cuanto a conocimiento del mundo en el que vivimos y sobre la naturaleza humana. Hoy las universidades y los institutos de investigación, tras un largo camino de especialización y fragmentación de las ciencias, se plantean si no será necesario, no sólo potenciar la interdisciplinariedad, conjuntando los saberes científicos con los humanísticos, sino que apelan también a que la ciencia que se produzca sea responsable. Esto significa que la dimensión ética y política no puede ser seccionada de la enseñanza y el desarrollo de la ciencia. La ciencia es y debe ser para la sociedad, para mejorar la sociedad.

A las puertas de la que llaman la Cuarta Revolución Industrial, ligada a los progresos de la Inteligencia Artificial, la Robótica y la Automatización y a sus impactos en todas las áreas de la vida, las universidades y los institutos de investigación deberían promocionar un nuevo horizonte de colaboración inter-trans-disciplinar. La Ingeniería Informática, nos dice Sánchez-Ron, necesita de las matemáticas y de la neurociencia para avanzar en la Inteligencia Artificial, pero la transdisciplinariedad tecnocientífica no puede olvidar que sus innovaciones están destinadas a una sociedad en la que rige el paradigma de los derechos humanos y que apuesta por la igualdad y la democracia. Los nuevos desarrollos tecnológicos implican riesgos y costes y la Filosofía está comprometida en potenciar el debate público y ciudadano frente a ellos. La reflexión filosófica necesita, por lo tanto, estar diseminada en todo el proceso de desarrollo e implantación de los avances científicos. Necesitamos que los estudiantes, de ciencias y tecnologías estudien Filosofía de la Ciencia, esto es Epistemología, pero también Ética y Filosofía Política, especialmente en sus dimensiones aplicadas como la Bioética y la Ecoética. La Ética de la Inteligencia Artificial es el nuevo desafío para la generación de los estudiantes actuales.

La Filosofía siempre incorpora una gran dosis de escepticismo metódico que anima a la revisión de nuestros supuestos y rutinas, pero también necesitamos una ilustración científica para las Humanidades. El reto curricular y educativo está planteado y de ello depende no sólo el avance de la ciencia sino la construcción de una sociedad más igualitaria y más democrática. Nuestra apuesta decidida es por un pacto de colaboración. Que nuestros estudiantes no tengan que definirse ante la pregunta de si eres de Ciencias o de Letras. La formación universitaria para el siglo XXI nos exige superar los límites estrechos de una especialización mal entendida. ■

Pseudociencias en la sala: el papel del Derecho en el pensamiento crítico

AUTOR LUIS JAVIER CAPOTE PÉREZ

*Profesor de Derecho Civil.
Universidad de La Laguna*

Una característica de las disciplinas jurídicas es su transversalidad. Cualquier relación humana susceptible de generar controversias entre sus partes integrantes trae consigo la necesidad de reglas que permitan la adecuada resolución del conflicto. Dentro de la distinción tradicional entre ciencias, artes, humanidades y leyes, estas últimas son singulares, caracterizadas por su vinculación con las normas del ordenamiento jurídico de cada Estado. Sin embargo, las leyes coinciden con las demás ramas del saber en la necesidad de un sentido crítico, que se concreta en la aversión a la aplicación mecánica y acrítica de los mandatos legales.

En el desarrollo científico, los avances y resultados prácticos derivados del área tecnológica acarrearán un debate ético sobre su pertinencia. Debate entre la posibilidad y el deber –es posible, pero ¿debe hacerse? – que trae de su mano una disyuntiva legal: ¿debe regularse en un sentido prohibitivo o en un sentido permisivo? La respuesta a cada ocasión tiene presente el recordatorio de que el Derecho es una creación humana y, como tal, está profundamente influida por el conocimiento y las creencias vigentes o predominantes en cada tiempo, lugar y colectividad.

En este punto es preciso recordar que hay supuestos en los que el consenso social diverge del conocimiento científico. La idea colectiva en torno a la presencia de las antenas de telefonía móvil en medios urbanos resiste frente al consenso científico sobre sus nulos efectos perniciosos. El reconocimiento judicial de un pretendido síndrome de sensibilidad electromagnética lleva a pensar que una resolución contenida en una sentencia judicial es equivalente a la validación científica de un invocado mal cuya existencia no está ratificada por la ciencia. Detalles como este muestran la importancia de que en el poder judicial y en el legislativo haya un mínimo de conocimiento científico y de pensamiento crítico. Pero, más allá de los asuntos en los que hay una controversia derivada de la divergencia entre el consenso social y las conclusiones científicas, encontramos casos en los que la creencia se disocia por completo del conocimiento y mantiene la fe en prácticas que solo pueden calificarse como pseudocientíficas, como son la astrología, el tarot, las flores de Bach o la homeopatía. Son estas prácticas de amplia implantación y aceptación social, a pesar del hecho de que su eficacia es inexistente y de que, en el mejor de los casos, se debe al efecto placebo. El hecho de que, desde la ciencia, se haya advertido continuamente sobre su naturaleza pseudocientífica no parece haber afectado a las creencias de amplios sectores de la población que, con independencia de su formación, mantienen su fe en tales prácticas. Su pervivencia y relativo predicamento tienen bastante que ver con el hecho de que exista una cierta tibieza –cuando no abierto apoyo– en ciertos colectivos profesionales del ámbito sanitario. Por otra parte, el movimiento escéptico ha planteado desde su seno la constante necesidad de establecer una regulación restrictiva o directamente prohibitiva de las prácticas cuya eficacia no esté directamente reconocida o validada desde un punto de vista científico. La calificación coloquial de las mismas como «estafas» contrasta poderosamente con la ausencia de resoluciones condenatorias en materia penal. El hecho de que su publicidad sea engañosa ha generado también un debate en el plano del Derecho de los consumidores. ¿Es admisible la comercialización de productos intrínsecamente engañosos y servicios objetivamente inútiles? Cuando a los mismos se añade un peligro para la vida o la salud de las personas, la respuesta, sin lugar a dudas, ha de ser negativa. Sin embargo, no sucede lo mismo cuando la inocuidad es inherente a lo que se intenta vender. Es el caso de los preparados homeopáticos que carecen de efectos secundarios, simplemente porque tampoco los tienen primarios. Desde el punto de vista escéptico, la actitud del mundo jurídico es excesivamente complaciente y se aboga por una respuesta más contundente, tanto a nivel legal como judicial.

Pero la situación es mucho más compleja de lo que podría pensarse por un operador extrajudicial. Por un lado, hay que tener en cuenta que, tanto para el delito de estafa como para la anulación de un contrato se precisa de un «engaño bastante» esto es, de un artificio que lleve a la persona a una visión distorsionada de la realidad, de la cual ya no pueda salir hasta que ya sea tarde. Pseudociencias tan burdas como la astrología o el tarot hacen inviable pensar en la suficiencia de la mendacidad, dejando aparte casos especiales, como aquellos en los que las víctimas son menores, incapaces o individuos con un bajísimo nivel cultural. Por otra parte, en el caso de pseudoterapias como la homeopatía, el apoyo a las mismas por parte de un sector de las profesiones sanitarias resta una parte de la fuerza necesaria a los esfuerzos por ponerles coto desde el punto de vista legal. Cabe, además, preguntarse si el uso de mecanismos legales para atajar estas prácticas las haría desaparecer. La existencia de prohibiciones similares en el pasado –cuando el ocultismo y prácticas de parecido pelaje estaban proscritas, al entrar en conflicto con la religión oficial– no hizo a la sociedad más crítica, sino más inerte a ciertas creencias.

Las normas jurídicas han evolucionado y evolucionan con la sociedad de la que traen causa y a la que se aplican. Por eso es preciso que la sociedad tenga un desarrollado sentido crítico y unos conocimientos científicos que permitan distinguir el saber de la creencia y la veracidad del engaño. Esta necesidad se hace extensiva a los operadores jurídicos y a los poderes públicos.

El Derecho es una disciplina en la que el pensamiento crítico debe ser una herramienta esencial, que permita de elaborar normas justas y puedan ser aplicadas ecuanímicamente. Una norma jurídica o una resolución judicial que se base en una idea preconcebida no contrastada científicamente o directamente invalidada por la ciencia hace un flaco favor a la causa del escepticismo. Pero una norma que pretenda cambiar el consenso por la fuerza de su coactividad, puede causar idéntico perjuicio. La hipótesis de hurtar a las personas y a las colectividades la responsabilidad por los propios actos que se deriva del libre albedrío no las hará más críticas o juiciosas, sino que las convertirá en una suerte de criaturas o entidades tuteladas, en permanente minoría de edad. La prohibición de ciertas prácticas, con carácter general, supone entrar en el pantanoso mundo terreno de la proscripción de las ideas y, por noble y loable que pueda parecer el ideal, abriría la puerta de un inquietante precedente. ■



Los detectives del pasado

AUTOR **JUANJO MARTÍN**
FOTOGRAFÍA **PALEOCHAR**

El detective de homicidios llega a la casa, es la escena de un crimen. Entra con cuidado, situando casa pisada allí donde no pueda comprometer una prueba. Aunque todo es muy reciente hay que averiguar qué sucedió. Los objetos que están tirados por el suelo sugieren una pelea y los cristales rotos de la ventana indican que el asesino entró por la ventana.

Esta es una escena típica de una película de detectives, donde el sabueso averigua quién es el asesino empezando por recomponer las piezas del puzzle que han quedado en el lugar del crimen. Es una tarea compleja; como viajar en la máquina del tiempo unas horas atrás y ver lo que pasó. Si averiguar lo que sucedió hace unas horas le puede parecer difícil, imagine la dificultad si lo que tenemos que averiguar cómo era la vida cotidiana de personas que vivieron hace miles de años, tan solo a partir del suelo donde habitaron.

Eso es lo que hace el grupo de investigación de la Universidad de La Laguna PaleoChar. Estos Sherlock Holmes de la prehistoria han cambiado la lupa por el microscopio y la capa corta por la bata blanca. Auténticos detectives del pasado, reconstruyen la historia analizando el suelo que pisaron nuestros antepasados. Y no es un proyecto cualquiera. PaleoChar consiguió financiación de unas de las convocatorias europeas más competitivas que existen, las European Research Council un programa de financiación de la investigación del Consejo Europeo de Investigación que buscan "reforzar la excelencia, el dinamismo y la creatividad de la investigación europea". Al mando de este grupo de detectives de la historia está la gearqueóloga Carolina Mallol.

Su laboratorio, situado en el Instituto Universitario de Bio-Orgánica Antonio González, estudia y custodia muestras de suelo provenientes de yacimientos en España, Francia, Israel, Tanzania o Uzbekistán. Sí, restos de suelo. A partir de las moléculas que se encuentran en estas muestras estos investigadores son capaces de averiguar aspectos tan interesantes de la vida de nuestros antepasados como su dieta o si cocinaban sus alimentos. Pero no esperen encontrar un laboratorio lleno de arqueólogos, allí trabajan químicos, geólogos y biólogos en un entorno multidisciplinar que es el que hace posible este tipo de investigaciones. Antonio Herrera, químico e investigador de este proyecto lo explica perfectamente. "Cuando los arqueólogos encuentran una vasija extraen de ella información sobre cómo se fabricó o el material de la que estaba compuesto, pero no pueden saber si contenía leche o agua. Ahí es donde entra la química y sus métodos de análisis, que hacen posible averiguarlo. Cualquier sustancia está compuesta por moléculas; nosotros podemos rastrear la presencia de estas moléculas en la superficie de los materiales".

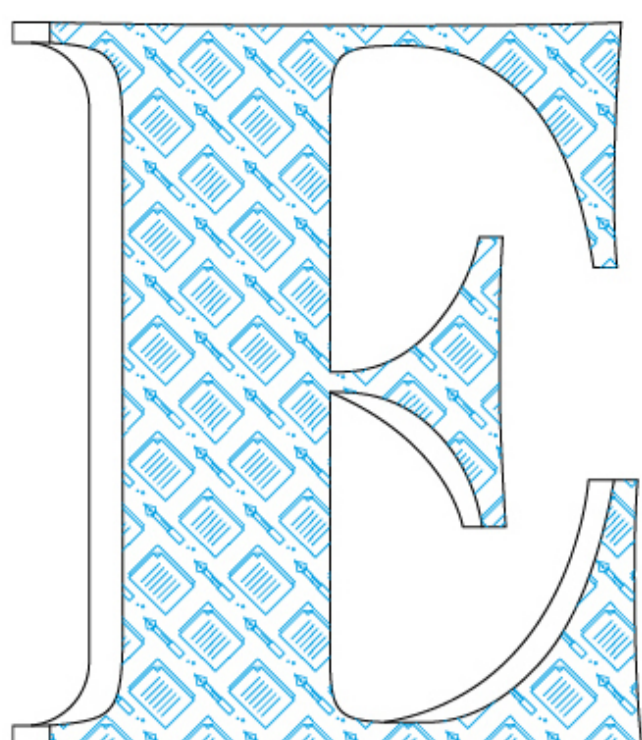
Un gran aliado para esta investigación es la tecnología. "En los años 60 del siglo pasado hubo grandes avances tecnológicos hasta el punto que podemos analizar partes por trillón". Estas técnicas son tan precisas que se puede llegar a detectar, por ejemplo, si en una gran represa de agua alguien ha vaciado un pequeño sobre de azúcar.

Pero en el laboratorio de la Dra. Mallol no encontraremos fragmentos de huesos ni trozos de cerámica; su gran tesoro son 4 grandes congeladores repletos de muestras de tierra. Polvo llegado de los yacimientos de todo el mundo que son estudiados aquí minuciosamente. Analizando estas tierras se puede averiguar mucho sobre aspectos de la vida y sociedad de los protagonistas de este proyecto: los Neandertales.

Una de las actividades de los Neandertales que más pistas da sobre cómo era su vida, son los fuegos y hogueras. Ahí se centran buena parte de los esfuerzos del proyecto PaleoChar, en buscar y analizar cenizas de fuegos que se apagaron, en algunos casos, hace 200.000 años.

Marga Jambrina estudia los materiales que se quemaron en esos fuegos. "En las hogueras se pueden distinguir dos capas. Una se corresponde al suelo donde se realizó el fuego, con las hojas que caen de los árboles o las hierbas del terreno. La otra es el combustible de esas hogueras, formado por huesos de origen animal o ramas de plantas. Para nosotros es muy importante determinar qué pasó en esos fuegos y lo hacemos estudiando biomarcadores, moléculas fósiles preservados en el sedimento". En estos no hay restos apreciables de ramas o huesos, sólo polvo, pero que después de ser analizado ofrece una cascada de información. "Podemos saber qué tipo de plantas quemaron, a qué especie pertenecía, si se trataba de hojas o ramas y hasta las temperatura que alcanzaron esos fuegos. Conociendo las especies vegetales utilizadas podemos inferir qué tipo de clima había en ese lugar durante esa época; todo gracias a que cada elemento tiene una huella dactilar molecular que las diferencia".

De la misma manera que el detective reconstruye lo que sucedió en la escena del crimen observando las huellas de unas pisadas o la posición de los objetos, estos investigadores recrean cómo vivían los Neandertales estudiando qué echaban al fuego. Gracias a investigaciones como las que realiza el equipo de Carolina Mallol, hoy sabemos que los Neandertales no eran seres asilvestrados, que mantenían entre ellos lazos emocionales y se comportaban altruistamente. Lo que seguramente nunca llegó a imaginar un Neandertal es que ese palo que tiraba con desdén al fuego para entrar en calor acabaría 200.000 años después bajo el microscopio y descubriendo a la humanidad mucho sobre sus emociones y su vida. ■



Editorial

Vivimos en una era caracterizada por la incertidumbre, incluso por la perplejidad; incertidumbre y perplejidad que permean desde lo global a lo más íntimo y personal. Inundados de información y datos, sin embargo, entendemos cada vez menos. Esto provoca temor, temor que engendra profetas que nos venden falsas seguridades, explicaciones simples para lo complejo. Es entonces cuando hablar de biología, química o física; de ciencia y arte, de tecnología y ética se hace más necesario y pertinente que nunca.

Es precisamente en esta línea de pensamiento y de acción en la que se enmarca el reto de los divulgadores y comunicadores de la ciencia. Cuando se tiene la tentación de amputar la realidad por la vía de la simplificación, o cuando como en el mito de Procusto, se deforman las evidencias para ajustarlas a nuestros prejuicios en la búsqueda desesperada de seguridades y certezas, la ciencia representa una guía fiable para seguir avanzando, para no perdernos. Tenemos que explicar cuestiones complejas, y tenemos que hacerlo con claridad aunque no necesariamente con sencillez. Porque en el intento por llegar a todos, la ciencia no puede rebajarse hasta el punto de pretender que no se le demande al lector un esfuerzo.

La mujer y el hombre de ciencia tienden, como resultado natural de su quehacer científico, a estar permanentemente atentos a la experiencia de lo real, al ejercicio continuo de someter las intuiciones al escrutinio de la evidencia, tanto a las propias como las de los otros. Esta práctica es la que los inmuniza frente al narcisismo o la soberbia, presente en tantos líderes vendedores de falsas seguridades. En fin, que la ciencia y su ejercicio no garantiza que seamos racionales y honestos. Pero la actitud científica, una consecuencia directa de la práctica sistemática del método científico, nos permite estar en el mundo con dignidad y libres de dogmatismos. Algo fundamental para saber actuar en el mundo como un verdadero ciudadano; al fin y al cabo, la ciencia es crucial para la democracia.

En esta tercera entrega de HIPÓTESIS, imbuidos de estas ideas y valores, les invitamos a un recorrido por temas distintos y diversos pero nunca distantes. La propuesta de degustación que les proponemos esperamos que despierte la curiosidad del lector y sirva, quizás, también para abrir alguna ventana con vistas a paisajes cuya existencia se ignoraba. ¿Alguno se ha preguntado sobre cómo afecta a la fisiología del cuerpo humano por la exposición continuada a la microgravedad? Cuando el turismo espacial empieza a ser trending topic en algunas redes sociales, Fátima Mesa (ULL) nos advierte de que nada que nos aleje del entorno para el que estamos adaptados es gratis. ¿Qué clase de medicina personalizada hará posible la nanotecnología? Lean el artículo de Jesús Santamaría, del Instituto Universitario de Investigación en Nanociencia de Aragón. Eduardo Almansa, del Instituto Español de Oceanografía nos presenta al pulpo, a quién seguro han conocido en algún almuerzo, pero del que descubrirán que es un animal muy inteligente pero no imposible de domesticar. El calentamiento global demanda soluciones basadas en evidencias, como las que nos presenta José Carlos Hernández (ULL). Y Raimundo Cabrera (ULL) les contará las íntimas y apasionadas relaciones que se dan entre algunos hongos y plantas, con resultados sorprendentes.

Fiel a su vocación de mostrar que las humanidades se confunden con las ciencias, otro bloque de artículos ilustra esta feliz simbiosis. ¿Qué tiene que decir el derecho sobre la ciencia? De esto trata la comunicación de Julio Capote (ULL); y también, ¿qué tiene que decir la ciencia cuando de decidir sobre quién es el autor de una obra de arte se trata? Elisa Díaz (ULL) nos desvela la respuesta. Otro interesante artículo de la redacción nos muestra cómo a partir del análisis de los fuegos que hicieron nuestros más remotos antepasados podemos saber cómo vivían, sentían y se relacionaban. Y de fuego y de la desmitificación de sus efectos catastróficos sobre nuestros bosques trata el artículo de José Ramón Arévalo (ULL).

Un grupo de trabajos desmontan prejuicios pseudocientíficos: José Miguel Mulet (Universidad Politécnica de Valencia) lo hace en el caso de los transgénicos; Ricardo Borges (ULL) con las pseudomedicinas y Jerónimo Hernández, de la Universidad del País Vasco, con ese (falso) predictor del tiempo conocido como cabañuelas.

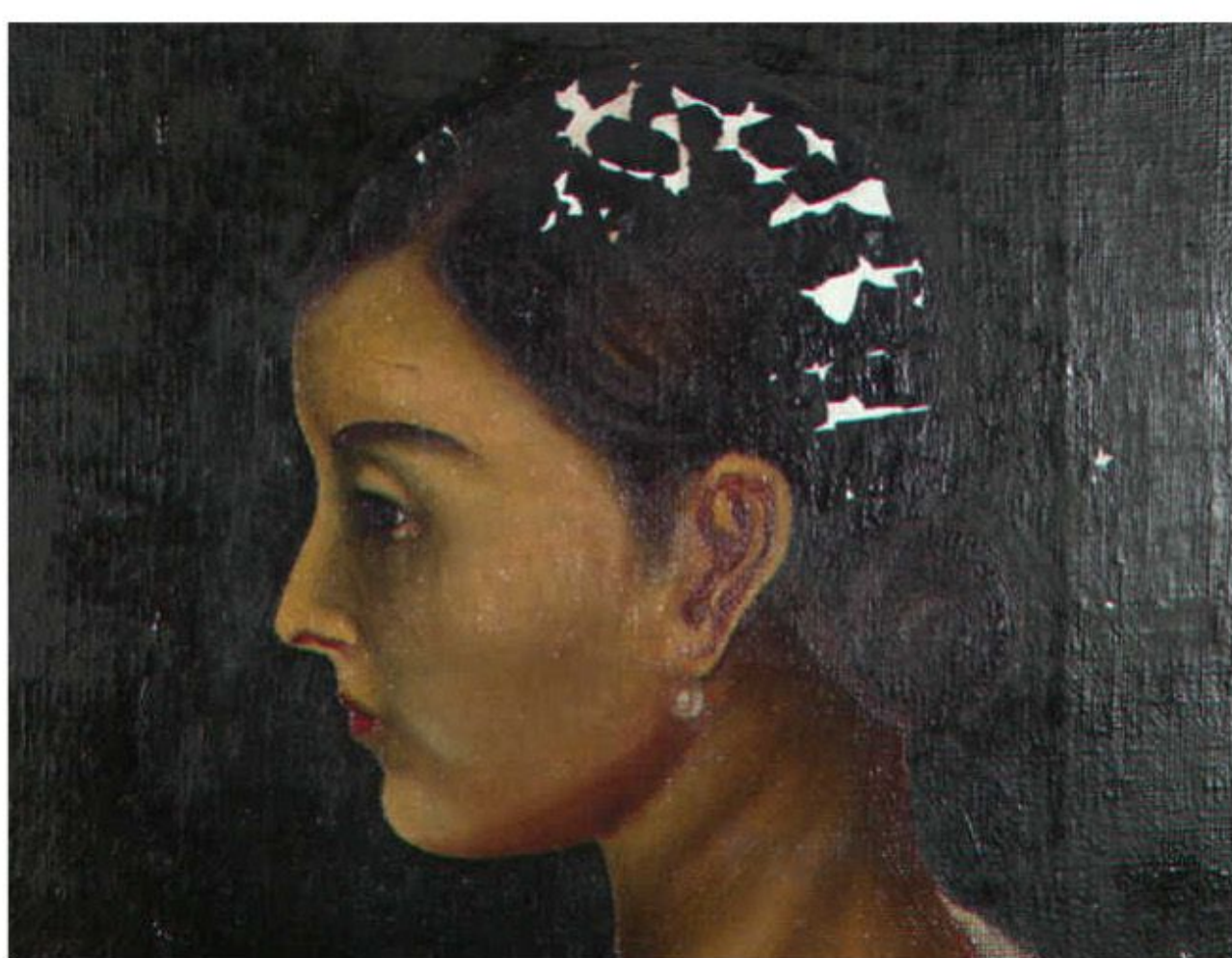
El número incluye una entrega más de nuestras dos secciones fijas. En el caso de Expediciones se hace una alusión directa a nuestros observatorios astrofísicos, a cargo de nuestro colaborador Javier Peláez, mientras que en Ciencia y Cine nos ayuda a "poner los pies en Tierra" cuando se trata de explicar las condiciones que hacen posible la vida en el espacio a través de un recorrido por otras tantas cintas que recrean viajes espaciales. Una entrevista a Rafael Alonso, nos sirve, responsable de la creación del Instituto de Tecnología Biomédica de la Universidad de La Laguna, nos sirve para conocer una cara oculta de la ciencia, pero esencial para que esta sea posible.

Por último, presentamos un bloque de artículos a cargo de filósofos y pensadores. En su artículo, la profesora María José Guerra (ULL) reflexiona sobre la importancia de informar la actividad científica con las aportaciones de la filosofía (la ciencia sin sentido pare monstruos), mientras que Antonio Diéguez (Universidad de Málaga) comparte con nosotros los posibles futuros posthumanos que se avizoran en el horizonte inmediato y sus consecuencias. Este bloque incluye también a otro pensador, el profesor de Bioquímica y Biología Molecular Juli Pereto (Universidad de Valencia), a quien su dedicación a la ciencia no le impide levantar la vista y reflexionar sobre la finalidad y las consecuencias de lo que hace en el laboratorio.

Ciencia con sentido, para informar sobre el mundo y sobre nosotros mismos. Ciencia informada de valores y de reflexión que nos sirva para guiarnos en estos tiempos de inseguridad e incertidumbre. Conocimiento y sabiduría en definitiva, que nos ayuden a entender el mundo, sin intermediarios. Esto es lo que les ofrece HIPÓTESIS en este número. ■

REDACCIÓN NÉSTOR TORRES DARIAS
DIRECTOR DE HIPÓTESIS





La atribución o cómo expresar el grado de autenticidad de una obra de arte

AUTORES **ELISA DÍAZ GONZÁLEZ**
FOTOGRAFÍA **ELISA DÍAZ GONZÁLEZ**

Profesora de la Universidad de La Laguna.

Responsable del Servicio de Análisis y Documentación de Obras de Arte (SADOA-SEGA) de la Universidad de la Laguna

En la película *The Forger* (2014), el protagonista, interpretado por John Travolta, visita en numerosas ocasiones el cuadro *Femme avec parapluie* de Monet, en un ejemplo clásico de entrenamiento del ojo "experto", fundamental para el reconocimiento de la autoría de una obra de arte y para realizar una falsificación eficaz. Se trata de un método primario de análisis, basado en la experiencia de observación y en el conocimiento derivado del estudio de artistas similares.

Durante mucho tiempo el sistema de examen se realizaba a través de fuentes escritas de las que se informaban críticos e historiadores del arte. Se potenciaba la mirada activa de la obra de arte como forma de evaluación centrada en la verificación de algunos aspectos clave, como el período histórico, la escuela, el medio, la composición, la iconografía o la organización interna de la obra. De esta manera cuando una obra no se encontraba firmada, se empleaba una serie de términos en relación con la autenticidad de la obra: obras atribuidas, obras realizadas en el círculo de un artista, obras realizadas según el estilo de tal artista, obras realizadas a la manera de o a imitación de un artista...

Pero, ¿por qué limitarnos a determinar el grado de certeza sobre la autenticidad de una obra en base tan sólo a su conocimiento en superficie? ¿Por qué dejar de lado el contacto físico con la propia obra? Hoy en día, solo se puede entender la concepción de una obra de arte en base a su estudio material a través de los procesos tecnológicos e intelectuales que rigen su producción. Esto nos permite determinar si una pintura es de la mano de un artista en comparación con el resto de las obras conocidas del mismo artista, o si el tipo de pigmentos o lienzos utilizados estaban disponibles en las fechas en las que fue creada la obra.

Solemos pensar que los grandes pintores no cometían errores ni se arrepentían durante la ejecución de sus trabajos. Sin embargo, gracias a la Reflectografía IR y los rayos X se han podido apreciar las dudas y rectificaciones en la posición de manos y pies, o en los ojos de los personajes. Podemos incluso observar señales de traspaso bajo las capas de color, lo que indica la reutilización de modelos por parte del propio artista. Tal es el caso del estudio realizado por el Centre d'Art d'Època Moderna sobre la serie de retratos de Carlos IV realizados por Goya. El estudio de esta serie demuestra que el retrato ejecutado entre febrero y abril de 1789 constituye el prototipo originario a partir del cual se realizaron numerosas copias en calco, exactamente iguales en las dimensiones de los monarcas. Para ello Goya utilizó una paleta reducida de colores: bermellón, azul de Prusia, albayalde o tierras. Precisamente, la utilización del azul de Prusia permite acotar el tiempo de ejecución entre la segunda mitad del siglo XVIII y la primera mitad del siglo XIX.

Pero lo cierto es que la práctica de la copia no debe confundirse con la falsificación de obras de arte, entendida como la alteración deliberada de la autenticidad. Este fenómeno es exclusivo de los siglos XX y XXI, provocada por el hecho de que la burguesía capitalista empezó a considerar la cultura como un pasatiempo. Los retratos planos de cuellos alargados y los dibujos a lápiz de Modigliani encabezan la lista de las obras más falsificadas de la historia: utilizaba lienzos de baja calidad y pinturas industriales que se podían encontrar fácilmente en el mercado. Entre los falsificadores más reconocidos está Elmyr de Hory, al que Orson Welles le dedica la película *F for Fake* (1973). En unos de sus fragmentos, Elmyr pinta mal a propósito un Matisse para que su falsificación se parezca más al original. En ocasiones, la destreza técnica y el conocimiento del material es tan impecable, que solo el propio ego de los falsificadores es capaz de desenmascarar muchas de las obras falsas que forman parte de grandes colecciones de arte.

La aparición en el mercado de estas obras dudosas tiene como consecuencia que coleccionistas y museos recurran a expertos y a la consulta de los catálogos razonados como vehículo de certificación de las obras antes de su adquisición. Como anécdota, podemos hablar del origen del Centro Strauss de Conservación y Estudios Técnicos del Museo de Arte de Harvard, fundado por Edward W. Forbes, víctima de una estafa con una obra del Renacimiento italiano. No existen catálogos razonados de todos los artistas, por lo que a menudo se articulan estafas que raramente salen a la luz porque vienen avaladas por la firma de un experto de reconocido prestigio. Pero estos expertos también tienen su precio, como reflejaron con su habitual sorna los hermanos Coen en su película *Gambit* (2012) en la que se ve lo fácil que es falsear el mercado del arte respondiendo exclusivamente a la opinión del "ojo experto".

En la actualidad, la utilización de colores como el *vantablack* ofrece por sí mismo el certificado de autenticidad a las obras del artista Anish Kapoor, tras la adquisición de su uso en exclusividad, lo que provocó algunos enfrentamientos con otros artistas. Este color, definido como el negro más negro del mundo, retiene 99.96% de la luz visible y desplaza la sentencia de "tan negro como el carbón" en el siglo XXI.

La aplicación de los conocimientos y las técnicas de la ciencia a la producción artística es un ejemplo más de cómo la combinación de las ciencias con las humanidades permite un examen estandarizado y una evaluación rigurosa de las obras de arte a partir de la recopilación de evidencias y la presentación de las mismas. Este proceso científico y los datos de referencia verificables que genera permiten reducir el grado de incertidumbre en la designación de la autoría. Las opiniones de autenticidad del observador y del científico posibilitan que pueda salir a la luz nueva información que refuerce o desvirtúe las opiniones pasadas de cualquiera de las formas. ■

Rafael Alonso Solís

"ESTOY CONVENCIDO QUE PARA QUE UN INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN SEA COMPETITIVO NO DEBERÍA PERTENECER SOLO A UNA UNIVERSIDAD"

AUTOR JUANJO MARTÍN
FOTOGRAFÍA MIGUEL VENTURA

Cuando visitamos al médico lo hacemos porque tenemos algún tipo de dolencia. Entramos en su consulta, le contamos cuál es nuestra preocupación, nos inspecciona y con lo escuchado y observado elabora una teoría de diagnóstico. Una vez que cree saber cuál es el origen de nuestra dolencia llega el momento de las soluciones. Evidentemente la visita al médico no nos cura, lo que ayuda a restaurar nuestra salud es el tratamiento que nos receta.

Con esa receta vamos raudos a la farmacia. El farmacéutico entra en la trastienda con la prescripción en la mano y regresa con una caja pequeña y normalmente cara, es el medicamento. Parece magia, la solución a mi problema en esa cajita. Ese afortunado trayecto, que nos ha llevado desde la consulta del médico hasta el medicamento, lo hemos realizado en una hora. Parece fácil ¿verdad?

Sin embargo, para que esto sea posible han tenido que pasar quizás diez o quince años de estudios, trabajos y ensayos clínicos. Eso es lo que hacen tantos señores y señoras con bata blanca en los laboratorios farmacéuticos y biosanitarios, ayudar a curar y tratar nuestras enfermedades. Uno de proyectos que nació con este objetivo fue el Centro de Investigaciones Biomédicas de Canarias (CIBICAN). Hablamos con la persona que lo impulsó desde que era solo un embrión, el Prof. Rafael Alonso Solís.

¿Cuál fue la cronología de este proyecto?

Este proyecto tiene una fecha de inicio: 2001. Por aquella época algunos grupos de investigación de la Universidad de La Laguna querían formar un instituto y el Cabildo de Tenerife tenía interés en apoyar una iniciativa similar, así que se organizó un taller donde participaron directores de centros de investigación, políticos, empresas del sector farmacéutico, etc. Se discutió durante tres días la viabilidad de crear en la isla un centro de investigación biomédico y todos concluyeron que se daban las circunstancias. Así que se puso en marcha. Fue en ese momento cuando la universidad crea el Instituto de Tecnologías Biomédicas (ITB). Esta organización generó lo conocemos hoy como CIBICAN, que aún hoy está en fase de desarrollo.

Otro gran hito fue IMBRAIN, un proyecto que aglutinó a varios centros y muchos grupos de investigación y que mereció la financiación de la Comisión Europea con 4 millones de euros y de forma paralela la concesión de una ayuda en forma de anticipo del Instituto Carlos III de 8 millones, reintegrable por el Cabildo de Tenerife, para la construcción de un edificio cuya primera fase se entregará el mes que viene.



¿Cuáles han sido los grandes logros de este proyecto?

Uno de ellos fue la creación de la Fundación Canaria para el Avance de la Biomedicina y Biotecnología ya que desde ese momento el Cabildo se convirtió en un socio que no ha dejado de apoyarnos en todo este tiempo. En segundo lugar, la creación del ITB porque pudimos integrar los grupos básicos y clínicos de investigación. Gracias a esto pudimos obtener la financiación que nos permitió crear una estructura biomédica que pudo contratar a 28 personas, entre técnicos, investigadores y gestores. Contratamos a estas personas en un momento de profunda crisis económica, creo que fuimos el único centro de investigación que contrataba personal en aquella época.

¿Qué proyectos destacarías?

Destacar solo alguno daría una imagen incompleta. Hay que considerar que los investigadores del ITB publican anualmente más cien artículos en revistas de primera línea. Pero puede destacarse que la transferencia más e innovadora se comenzó a hacer con profesionalidad. La mayor parte de las Oficinas de Transferencia de Resultados de la Investigación (OTRI) de las universidades españolas carecen de personal estable, en IMBRAIN lo primero que hicimos fue desarrollar un plan para formar a personas en transferencia de biomedicina. Se revisaron los proyectos y se detectaron aquellos que podían tener potencial para patentes. Por ejemplo, se consiguieron



avances espectaculares relacionados con la búsqueda de moléculas de interés para curar una enfermedad rara como la Hiperoxaluria, desarrollo que ha promovido la creación de una empresa de capital americano y europeo que lleva captados unos 20 millones de euros. Estos son algunos ejemplos concretos que ya han dado resultados, pero hay muchos más que aún están en el camino, un camino muy largo y que no siempre acaba en éxito.

Durante estos años se han preocupado de tener evaluadores externos, alejados de nuestro entorno ¿por qué?

Si un instituto quiere tener éxito necesita que le evalúen desde fuera, y cuanto más lejano y desconocido sea el comité mejor. Creo que el ITB es el único instituto de la Universidad de La Laguna que tiene desde el principio un comité de evaluación externo. Ese comité se ha reunido en varias ocasiones para dar sus opiniones, recuerdo que en las primeras reuniones eran muy críticos con nosotros. Ese mismo comité evaluó a buena parte de los investigadores que contratamos y finalmente otro comité, en este caso de la Comisión Europea, vino y nos evaluó. La principal conclusión siempre era la misma: necesitábamos autonomía jurídica y financiera. Creo que esto es fundamental y un problema común a muchos centros, además nos recomendaron tener grupos de investigación más grandes y con más colaboraciones extranjeras.

¿Qué has aprendido en estos años?

Si hubiera sabido lo que me esperaba cuando empecé a darle vueltas a crear un instituto no lo habría hecho. En 2001 esa idea comenzó como un juego y ahora se ha convertido en realidad. Volvería atrás sin dudarla, a sabiendas de las dificultades y con algunas lecciones aprendidas. Entre otras cosas he aprendido que dentro de la universidad es muy difícil crear estructuras de este tipo. Estoy convencido que para que un instituto de investigación sea competitivo no debería pertenecer solo a una universidad, debería ser un socio más entre entidades públicas y privadas. Otra enseñanza, los problemas burocráticos no te pueden parar, hace mucho tiempo que no les hago mucho caso (se ríe). Me entenderán los que han salido y han estado en otros centros de investigación. ■

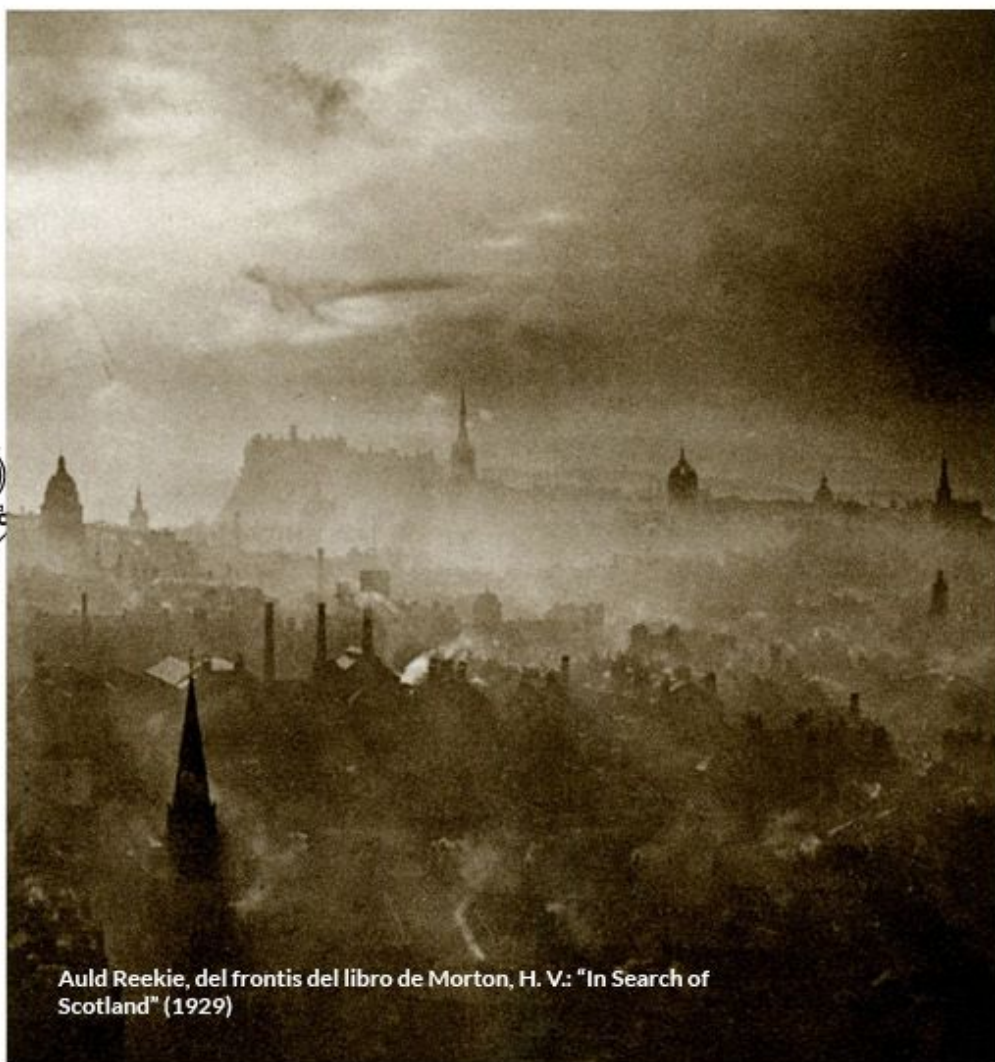
El Sísifo de Auld Reekie

AUTOR JAVIER PELÁEZ

Paseando por Royal Mile, la gran arteria que transcurre desde el castillo de Edimburgo hasta el Palacio de Holyrood, uno no puede dejar de sentir la centenaria historia a cada paso. Edificios de piedra ennegrecida por el tiempo se suceden a lo largo de la milla escocesa, un par de torres acabadas en finas agujas a lo lejos, y bajo tus pies, el suelo oscuro y resbaladizo por el rocío de la mañana. Desde los tiempos romanos de Caledonia, hasta las brumosas eras medievales, la ciudad ha mantenido, elegante, un halo épico que nos evoca batallas a caballo con William Wallace al frente de la indomable resistencia de Alba.

Pero aunque persistente, ese espíritu verde de campiña y pinos, se encuentra desdibujado por la verdadera protagonista de Edimburgo: la Revolución Industrial. En el siglo XIX, la rivera del Clyde se llenó de astilleros, fábricas y calderas. Las calles se cubrieron de ceniza flotante, humo y los ladrillos de las casas cambiaron el marrón anaranjado por el gris.

Aún hoy, el nombre popular de Edimburgo sigue siendo Auld Reekie, la vieja chimenea.



Auld Reekie, del frontis del libro de Morton, H. V.: "In Search of Scotland" (1929)

Edimburgo, la vieja chimenea de Escocia, con su espesa niebla, con sus oscuros y pesados cielos, envuelta por humo y cenizas de las fábricas... definitivamente, era el peor lugar del mundo para un astrónomo. Frustración, rabia y desesperación. Una mezcla de estos sentimientos es lo que debía sentir Charles Piazzy Smyth, apostado durante horas en el modesto observatorio de Calton Hill, luchando por captar la luz de apenas un puñado de estrellas atrapadas por la telaraña de humo y ceniza de la vieja Edimburgo. Como un Sísifo moderno empujando su piedra, noche tras noche, Smyth subía sin descanso la colina hasta el Observatorio, se adentraba en aquel edificio de inspiración griega y peleaba contra la tozuda Auld Reekie desde la cúpula.

La solución a su problema estaba clara: buscar cielos más limpios y, a ser posible, observar las estrellas desde un lugar más alto. Y resulta paradójico descubrir que nadie lo había intentado antes... colocar un telescopio en una montaña. Parece lógico, pero en esas fechas, en la década de 1850, aún nadie lo había hecho.

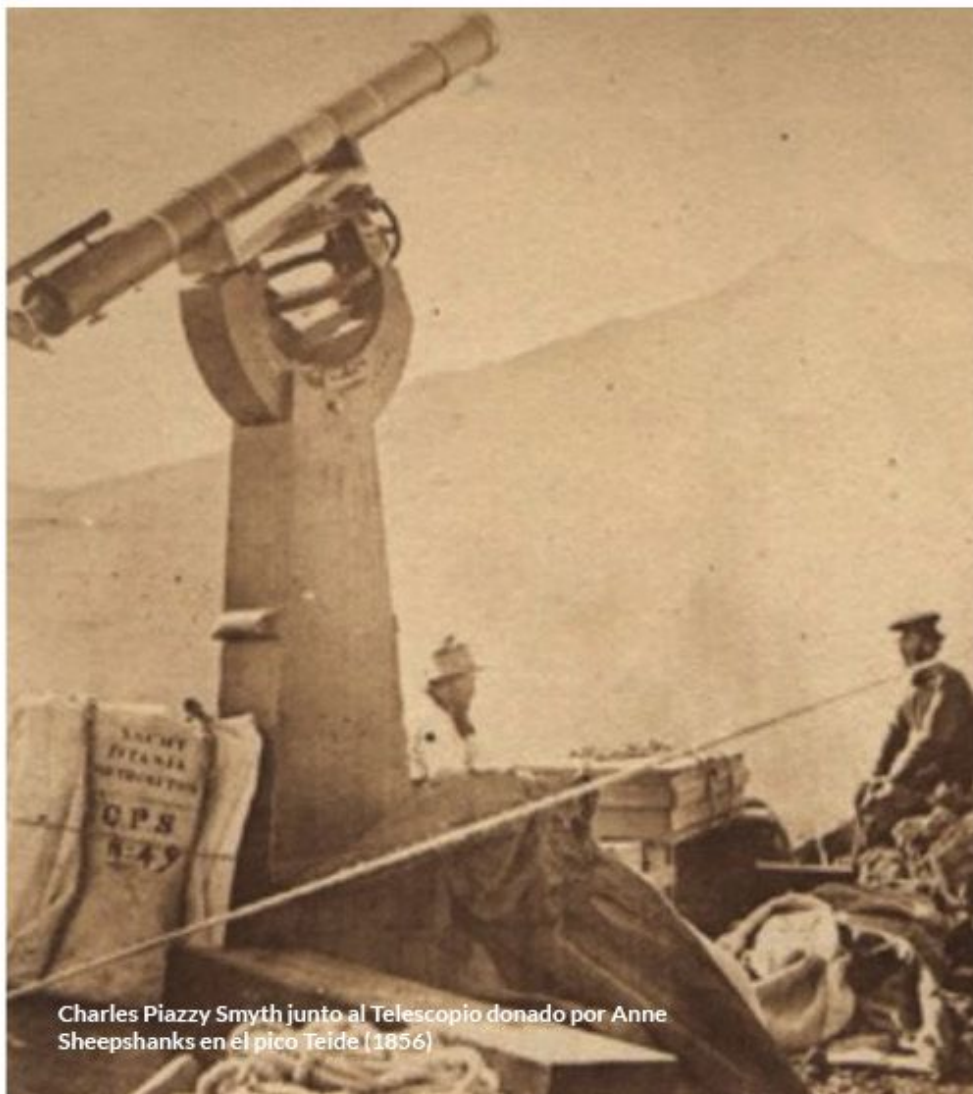
Y aún resulta más sorprendente saber que, ya en 1704, el gran genio de la física sugería esa misma idea en su obra *Optiks*, un tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz. En el libro tercero de ese *Optiks*, Newton deja impresos algunos de sus pensamientos sobre diferentes aspectos de la luz y hace referencia a la posibilidad de construir telescopios en lo alto de montañas, por encima de las nubes, para evitar que la atmósfera altere las observaciones. Hicieron falta más de ciento cincuenta años desde que Newton propuso la idea hasta que un tozudo escocés decidiera llevarla a cabo por primera vez.

Piazzy Smyth se decidió por Tenerife y su gran pico Teide. La siguiente gran piedra que debería soportar nuestro aguerrido Sísifo sería la de encontrar financiación. Durante toda la historia, ni las olas del océano más bravo, ni la incertidumbre ante lo desconocido, ni las sofocantes arenas de un remoto desierto, ni siquiera las agresivas tribus de una selva inexplorada pueden compararse a la odisea de encontrar dinero para sufragar los gastos de una expedición.

Cuatrocientas libras de la Royal Society, el Titania, un barco prestado por un diputado del Parlamento británico, algunos ahorros de su entregada prometida Jessie Anne Duncan, una donación del noble inglés Mr. Charles Wood, algo más recaudado por la Royal Astronomical, la British Association, apoyo (más moral que económico) de la Royal Army, el telescopio ecuatorial cedido por Mr. Pattinson, astrónomo real de Newcastle, otro telescopio prestado por la benefactora Anne Sheepshanks... cualquier empujón era bueno para llevar a cabo sus planes.

El 8 de julio de 1856, la comitiva inglesa desembarca en Santa Cruz de Tenerife subiendo los ocho peldaños de sillería de "los platillos" en el muelle Sur. El Titania seguiría rumbo a la Orotava donde desembarcaría todo el instrumental, mientras que Smyth y su ahora esposa Jessie Anne eran recibidos por un puñado de autoridades canarias junto con el Cónsul británico en el Archipiélago.

Sísifo volvía a empujar su pesada piedra por las laderas de una montaña, pero esta vez era diferente, esta vez conseguiría plantarse cara a cara con las estrellas y decirles desde lo alto: os veo. El 14 de julio cargan todo el instrumental en mulas e inician la ascensión desde el valle de la Orotava. En la montaña de Guajara se establece la primera estación de observación, y finalmente, la segunda base en el lugar donde hoy se encuentra el refugio de Altavista, a 3350 metros de altura.



Charles Piazzy Smyth junto al Telescopio donado por Anne Sheepshanks en El pico Teide (1856)

La noche en las laderas del Teide a mediados del siglo XIX no se parecía en nada a las brumosas tinieblas de Auld Reekie. Como grandes faroles colgados de la gran bóveda celeste, Smyth podía estudiar más estrellas en una sola jornada que en una vida entera en Calton Hill.

Un astrónomo feliz. Un curioso e ilusionado Smyth, después de más de dos meses acampado en el Teide junto a sus telescopios, escribía a sus generosos benefactores explicando los logros astronómicos: "Muchas observaciones notables he podido adquirir por este medio y todo lo he conseguido sin tropiezos ni contratiempos".

Ya en el barco, de vuelta a su sombría y vieja chimenea, con el Teide alejándose desde la cubierta del Titania, Smyth escribe: "cuando la noche cae y nuestra última visión del Pico permanece aún alta en el cielo, nos preguntamos por cuánto tiempo el mundo ilustrado retrasará la instalación allí de una estación que tanto promete para el mejor avance de la más sublime de las Ciencias."

Pero parece que las buenas ideas en ciencia siempre tardan en realizarse. Al igual que la hipótesis de Newton tuvo que esperar más de un siglo hasta convertirse en realidad, la última propuesta de Smyth también tardó más de cien años... en 1964, la Universidad de la Laguna conseguía instalar el primer telescopio profesional en el Teide, germen de lo que en ya 1985 terminaría siendo el IAC y las magníficas instalaciones que hoy todos conocemos. ■

Frankenstein o el científico monstruoso

AUTOR JULI PERETÓ
ILUSTRACIÓN CARLA GARRIDO



*Catedrático de Bioquímica y Biología Molecular de la Universitat de València
Vicedirector del Instituto de Biología Integrativa de Sistemas I2SysBio.
Universitat de València-CSIC.*

¿Qué hace que una novela publicada hace doscientos años nos siga fascinando, sugiera tantas y tan variadas lecturas y estimule reflexiones de rabiosa actualidad? Frankenstein o El moderno Prometeo fue escrita por una mujer de dieciocho años, Mary Wollstonecraft Shelley, a partir de un cuento de terror esbozado durante una reunión de amigos en Villa Diodati, a las afueras de Ginebra, en junio de 1816. En ella se narra el fracaso como persona de un científico, Víctor Frankenstein.

Frankenstein sufre una metamorfosis intelectual extraordinaria, metáfora de la emergencia de la ciencia moderna: educado en lecturas clásicas y místicas, adopta la tenaz resolución de dejar atrás a esos "antiguos maestros" que "prometían cosas imposibles y no llevaban nada a cabo". Fascinado por la ciencia que "promete poco" pero consigue "milagros", Víctor se lanza a escrutar los secretos más íntimos de la vida. Estudia "filosofía natural y en especial la química" hasta conseguir descubrir "el origen de la generación y la vida" y sentirse capacitado de "infundir la vida en la materia inerte". Esta transformación justifica el subtítulo de la obra: "El moderno Prometeo". Así pues, y a diferencia del mito del Gólem –un ser de arcilla animado por invocaciones sobrenaturales–, no hay nada inexplicable en el experimento de Frankenstein, un materialista tal y como lo describe Mary W. Shelley. La novelista crea, por tanto, un científico de su época, inmerso en el proceso de secularización de la ciencia que arrancó con la Ilustración y en quien proyecta hacia el futuro los avances científicos del recién inaugurado siglo XIX y sus anhelos más acuciantes.

Hay quien sostiene que Frankenstein es la primera novela de ciencia ficción. Prefiero referirme a ella como una obra de ciencia "en" ficción. Es decir, una narración de ficción que contiene elementos científicos creíbles en su contexto cultural e histórico. Porque lo realmente fascinante es cómo una joven Mary W. Shelley, una radical social en su tiempo, fue capaz de integrar en un relato romántico una extraordinaria diversidad de conocimientos e ideas científicas perfectamente verosímiles hace doscientos años. ¿De dónde le vino la inspiración a la autora?

Mary W. Shelley tuvo ocasión de conocer a una infinidad de científicos e intelectuales que visitaban a su padre, William Godwin, y entre sus numerosas lecturas se encontraban textos de ciencia, como *Elements of Chemical Philosophy* de Humphrey Davy (1812). El prólogo de la primera

edición de la novela en 1818 –un texto de su marido Percy B. Shelley– empieza así: "El suceso en el cual se fundamenta este relato imaginario ha sido considerado por el doctor Darwin y otros fisiólogos alemanes como no del todo imposible". En el prólogo de Mary W. Shelley para la edición de 1831, se vuelve a citar a este Darwin y el rumor de que había conservado "vermicelli" en un frasco y que estos empezaron a moverse de manera autónoma. Aparte de la posible confusión de la autora al referirse a un tipo de fideos, parece claro que leyó a Erasmus Darwin y lo llegó a conocer personalmente. Erasmus –el abuelo de Charles– era médico y naturalista y fue uno de los contertulianos del padre de Mary, de manera que ella estaba familiarizada con sus ideas evolutivas y la creencia en la generación espontánea que profesaba el doctor Darwin. El origen de la vida y la generación espontánea –la poder vivificante de la materia inerte en viviente– y el galvanismo –el poder vivificante de la electricidad tantas veces puesto a prueba desde el XVIII, con los experimentos de Benjamin Franklin, Luigi Galvani, Giovanni Aldini y otros–, son algunos de los ingredientes intelectuales presentes en la investigación de Víctor Frankenstein, cuyo proyecto culmina con el mayor de los éxitos. O no.

A pesar de las imágenes popularizadas por las películas sobre Frankenstein, en el momento crucial del experimento, aquella "desapacible noche de noviembre" no hubo rayos ni centellas, salvo una alegórica mención a "una chispa de existencia" insuflada en "aquella cosa exánime". Y tras constatar que el cuerpo muerto recobra la vida –es decir, que el experimento ha sido todo un éxito–, Frankenstein lo califica de "catástrofe" al descubrir la fealdad de la criatura. Así, pues, nada más culminar su proyecto, Frankenstein fracasa como científico, "incapaz de soportar la visión del ser que había creado". Por contra, Mary W. Shelley nos presenta la criatura como un ser necesitado de amor, reconocimiento y relación social. Es tan inteligente que observando y escuchando a una familia aprende él solo a leer, a hablar varios idiomas, a comprender la verdadera naturaleza humana y a sorprenderse del poder del conocimiento: "¡Qué extraña naturaleza la del saber! Se aferra a la mente, de la cual ha tomado posesión, como el líquen a la roca". Lo que convierte la criatura en un ser malvado es el rechazo de su creador, y el de las otras personas, por su aspecto monstruoso, a pesar de sus esfuerzos por simpatizar y acercarse al mundo. La respuesta de la criatura a ese rechazo es la destrucción de la familia de Víctor.

Pero, ¿qué hubiese pasado si Frankenstein se hubiese comportado como un científico responsable? Desde luego, esto la novela lo elude y corresponde a los lectores imaginar el destino de Víctor y su criatura si el científico insensible, venciendo su cobardía, hubiese satisfecho el deseo de comprensión y aceptación que le reclamaba el monstruo. El imaginario popular, quizá estimulado por la extensa filmografía derivada de la narración de Shelley, ha ligado el nombre del científico al monstruo. Y está bien que sea así ya que, dado el comportamiento anticientífico de Víctor, él fue el verdadero monstruo, un necio que no aceptó la responsabilidad sobre su propia obra.

Hoy día, la investigación e innovación responsable (RRI por sus siglas en inglés) exige anticipar y sopesar las implicaciones y expectativas sociales derivadas de la actividad científica. La supuesta mejora genética en humanos usando la tecnología CRISPR/Cas9, anunciada a finales de 2018 por el científico chino He Jiankui, nos trae a un primer plano la vigencia de una reflexión suscitada por la inmortal novela de Mary W. Shelley –la exploración del conocimiento se debe hacer con responsabilidad. Atrévete a leer Frankenstein y a pensar. ■

Hongos endófitos: un recurso biotecnológico para Canarias

AUTOR RAIMUNDO CABRERA PÉREZ
FOTOGRAFÍA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

*Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal
Universidad de La Laguna*

Los hongos endófitos son aquellos "que viven en el interior de los tejidos vegetales sin causar daño a la planta en la que se alojan". Esta convivencia es de carácter simbiótico y aporta beneficios a ambas partes. Por una parte el hongo tiene acceso a los recursos nutricionales del vegetal y por la otra éste se beneficia de los compuestos sintetizados por aquel, o de las defensas de las que le provee frente a otros hongos patógenos o insectos fitófagos. El hongo puede conferir también a la planta resistencia a stress hídrico y/o salino. Esta interacción es un ejemplo particular de equilibrio entre el endófito, la planta hospedadora y las condiciones ambientales ya que, en la mayoría de los casos, el hongo necesita acceder al exterior para producir sus esporas reproductoras y propagarse a otras plantas. Prácticamente todos los vegetales (desde las algas hasta las plantas vasculares) poseen una comunidad variable de hongos endófitos. Esta característica la muestran tanto la flora de regiones árticas como las tropicales, siendo estas últimas las que parecen tener mayor biodiversidad de endófitos.

Aunque esta relación se conocía desde finales del siglo XIX, fue en los años 70 del siglo pasado cuando se prestó más atención a la misma; atención suscitada por el descubrimiento de que la intoxicación del ganado conocida como "síndrome de verano" o "festucosis" se debía al consumo de pastos de la especie forrajera *Festuca arundinaceae* cuando esta estaba colonizada por el hongo endófito *Neotyphodium coenophialum*. El hongo produce alcaloides que le sirven a la planta como defensa frente a insectos fitófagos pero que, secundariamente, son los responsables del síndrome. Las pérdidas que sufría la ganadería llevó a muchos investigadores a plantearse la eliminación del hongo de los pastos mediante el empleo de fungicidas o bien por la vía de mantener las semillas almacenadas por más de un año, lo que evitaba la transmisión del hongo. Sin embargo estas estrategias no dieron los resultados deseado ya que como consecuencia de ellos los pastos eran atacados más fácilmente por insectos y mostraron menor producción. Una alternativa que se mostró viable fue infectar los pastos con otros hongos endófitos que no produjeran esos alcaloides y por tanto sus efectos indeseados sobre el ganado. Fueron precisamente estos trabajos los que dieron un gran impulso a la investigación sobre hongos endófitos. El interés por este tipo de organismos ha ido en aumento desde entonces, sobre todo cuando se comprobó que son productores compuestos, algunos de interés farmacéutico o industrial (confieren resistencia frente a plagas y enfermedades) y por el papel que tienen en el complejo equilibrio de los ecosistemas, aspecto este último que pasó desapercibido durante muchos años.

Un ejemplo de este tipo de microorganismo con interés farmacéutico es *taxomices andreae*, productor del taxol, un compuesto anticancerígeno, comercializado como Paclitaxel (Taxol®) para el tratamiento de cáncer de mama y ovario. El taxol es producido por el endófito en cantidades mayores que la planta conocida como "tejo del pacífico" (*Taxus brevifolia*), del que se extraía normalmente este fármaco. Otro grupo interesante de endófitos son los conocidos como DSE (Dark septate endophyte). Estos colonizan a las plantas *Arrhenatherum elatius* y *Salix cuprea* y les confieren tolerancia al cadmio y al plomo. Se ha comprobado que algunos pastos que crecen en suelos contaminados por plomo, zinc y cadmio se encuentran colonizados por este tipo de hongos, lo que ha llevado a investigadores a plantearse su uso en procesos de recuperación de suelos contaminados. Estudios realizados en Méjico mostraron que endófitos aislados de *pestalotiopsis microspora* son capaces de degradar poliuretano, tanto en condiciones anaerobias como aerobias, posiblemente debido a la secreción de enzimas extracelulares. Estas investigaciones abren nuevas líneas de estudio sobre el posible uso de estos hongos para procesar residuos de algunos plásticos. Por último, en el campo de la agricultura se investigan las aplicaciones de los endófitos para la lucha contra plagas y enfermedades: algunas cepas endófitas no patógenas de *fusarium oxysporum*, cuando se inoculan en las plantas de tomate, le dan resistencia contra el patógeno *fusarium oxysporum* f.s.p. radícolica que causa graves daños en este cultivo.

La flora canaria, por su gran riqueza en endemismos y los variados microclimas en los que se desarrolla es una fuente importante de este tipo de microorganismos. Varias tesis y trabajos realizados en la última década así lo han puesto de manifiesto, tanto en la laurisilva como en otras comunidades vegetales; el grupo "Control Integrado de Plagas y Enfermedades Vegetales - CIPEV" de la Universidad de La Laguna han obtenido ya varias patentes. Es el caso de dos hongos endófitos que al ser inoculados en plantas de tomate le dan resistencia frente a la enfermedad conocida como "alternariosis"; una interesante alternativa al uso de los fungicidas de síntesis en la agricultura.

Los hongos endófitos han pasado pues de ser grandes desconocidos a recibir una atención creciente por parte tanto de los investigadores como de la industria por sus potenciales aplicaciones. Canarias es un entorno excelente para realizar estudios sobre estos microorganismos y propiciar el desarrollo de empresas biotecnológicas basadas en el desarrollo de productos obtenidos a partir de los endófitos, lo que puede representar un área de negocio interesante para la región. ■



La Paradoja del Fuego

AUTOR **JESÚS SANTAMARÍA RAMIRO**

*Profesor Titular de Ecología.
Universidad de La Laguna*

Un axioma que se debería aplicar cualquier ciudadano que deseara estar bien informado tiene que ver con mantener un saludable escepticismo ante las informaciones que nos llegan desde las redes sociales, sobre todo de aquellas que tienen muchas visitas y reenvíos. No pudo imaginar Jean François Revel cuan visionario llegaría a ser su ensayo "El conocimiento inútil", como tampoco lo fue el propio Karl Popper en su alegato a favor del control de la información (considerado un exabrupto liberticida por parte de un referente del movimiento libertario). Los incendios forestales no dejan de ser una víctima más de esta lluvia de desinformación con el que se enfrenta el ciudadano de a pie.

El incendio forestal es uno de los fenómenos naturales que más atracción genera en la sociedad, arrastrando con ella a los medios de comunicación y, últimamente, al vertedero intelectual en el que se han convertido a veces las redes sociales. Después de cada gran evento de este tipo, los periódicos se llenan de páginas sobre el tema, en los que expertos y sabios hacen su interpretación sobre lo ocurrido, generalmente lamentando la situación de degradación ambiental provocada. En este sentido son especialmente irrisorias las que se producen en las redes sociales, que siempre destacan, aunque no necesariamente en este orden: la desorganización de los equipos de extinción, la falta de medios y presupuestos, la ausencia de previsión, conspiraciones para captar fondos, el cambio climático (que no podía faltar en esta celebración de la ignorancia) o la conspiración de empresarios, que provocan los incendios para recalificar el suelo y poder fumarse después un puro desde la piscina del hotel construido en la zona quemada. Todos estos argumentos quedan automáticamente descalificados con un mínimo esfuerzo de búsqueda información veraz, pero ¿quién se molesta en esta búsqueda cuando siempre hay algún tweet que te lo va a explicar en 280 caracteres?

Las Islas Canarias, por sus peculiaridades ecológicas, estarán siempre expuestas a estos fenómenos naturales. Aunque se pueda considerar que actualmente sus efectos son más extensos, intensos y devastadores que en el pasado, los datos ponen de manifiesto que estamos ante un escenario común en zonas donde la población ha aumentado y los trabajos de extinción y prevención se han profesionalizado. Como resultado de esto somos más vulnerables y Canarias experimenta la denominada "Paradoja del Fuego". Esta se define como la situación que se da cuando coinciden dos circunstancias. Por una parte, una alta protección contra los incendios, que permite evitar afecciones a las infraestructuras y riesgos personales, lo que genera un patrón caracterizado por series de años en los que no hay incendios lo que provoca la acumulación de biomasa vegetal. Esta serie de años sin incendios se ve interrumpida por años en los que, en función de las condiciones ambientales, se producen incendios intensos y de gran extensión, en los que se quema gran parte de la superficie que, sin la intervención humana, se hubiera quemado naturalmente en los años sin incendios.

Hemos llegado así a un consenso general sobre los efectos negativos del fuego, en lugar de entender el incendio como un fenómeno natural. Romper este consenso casi religioso es difícil, hasta el punto de que cuando se plantean propuestas como las que se están llevando a cabo otras regiones, de quemas prescritas, estas se rechazan a pesar de que sus resultados son satisfactorios. Estas estrategias de fuegos controlados ponen de manifiesto que los bosques incendiados, aunque estén muy afectados, se recuperan en pocos años, como resultado de la adaptación de las especies forestales dominantes y sus especies acompañantes. Al fin y al cabo se trata de un ecosistema adaptado a este proceso natural. En esta línea hemos podido comprobar que, en zonas de pinar canario que llevan más de cuatro décadas sin quemarse (lo que no es natural en este ecosistema), el mantenimiento de la biodiversidad se ve comprometida. Sin embargo, seguimos escuchando afirmaciones infundadas, como que la tasa de incendios del pinar canario es de miles de años, cuando en la tundra ártica no supera los 800 años. Algunos medios de comunicación deberían revisar sus políticas informativas antes de dar pie a este tipo de afirmaciones.

La protección frente a los incendios es una responsabilidad ciudadana. Sabemos que son inevitables, que se trata de un proceso natural, positivo para la dinámica de los ecosistemas al propiciar un aumento de la diversidad biológica, la mineralización de nutrientes, la eliminación de individuos arbóreos enfermos y plagas o la diversificación de su estructura. Por eso seguir concibiendo el incendio de los bosques como algo que es preciso erradicar nos hace caer en la peligrosa "Paradoja del Fuego".

Tenemos que aprender a convivir con el fuego y a gestionarlo; lo que implica la administración de quemas prescritas como elemento de gestión de los ecosistemas. Es un error evitar los incendios a toda costa. Nuestros abuelos ya lo decían: "El fuego es un buen vasallo, pero un pendenzoso señor." ■

Houston tenemos un problema: nuestro cuerpo en el espacio.

AUTOR FÁTIMA MESA-HERRERA
VÍDEO NASA

Investigadora predoctoral.

Departamento de Biología Animal y Edafología y Geología.

Universidad de La Laguna

El día más emocionante para cualquiera que quiera viajar al espacio es aquel en el que es seleccionado por su agencia para ser aspirante a astronauta. Es entonces cuando comienza el verdadero trabajo, que supone años de minuciosa preparación. Y es que durante el entrenamiento, los aspirantes no sólo deben aprender conceptos avanzados de astronáutica y exploración espacial, mecánica orbital, ingeniería y sistemas del vehículo de lanzamiento o de la Estación Espacial Internacional, sino que deben prepararse físicamente para las inusuales y exigentes condiciones en las que tendrán que desenvolverse en el espacio.

Los seres humanos están fisiológicamente adaptados a la vida en la Tierra pero las condiciones ambientales de los viajes espaciales muy diferentes. Gracias a la investigación en medicina espacial y a los desarrollos tecnológicos se puede proteger a las personas que realizan vuelos espaciales de las condiciones extremas del espacio exterior; condiciones que podrían matarlas en cuestión de décimas de segundo. Las necesidades inmediatas son satisfechas por el sistema de vida, un conjunto de aparatos que proveen de aire, agua y alimento y mantienen, aproximadamente, la temperatura y la presión a los niveles que tendría en la Tierra. Sin embargo, no es posible eliminar todas las amenazas. En este sentido el factor más importante que afecta al funcionamiento del cuerpo humano en el espacio es la microgravedad, a veces mal llamada ingravidez: recordemos que los y las astronautas que orbitan la Tierra no abandonan su campo gravitatorio.

En la Tierra, nuestros cuerpos reaccionan automáticamente a la gravedad, en relación a la postura y la locomoción. Pero en ambiente de microgravedad, los otolitos, unas estructuras que se encuentran en el oído y cuya función es precisamente detectar el campo gravitatorio, no perciben la atracción terrestre. Esto provoca que los músculos no sean requeridos para mantener la postura y los receptores de presión en los pies y tobillos no perciban la señal de atracción hacia el suelo. Como consecuencia se produce atrofia muscular, llegándose a perder hasta el 20% de la masa muscular en los primeros 10 días de exposición a microgravedad. Esta pérdida afecta a la musculatura esquelética pero también al corazón, provocando problemas circulatorios, incremento de la presión arterial, arritmias leves y la redistribución de fluidos hacia la región encefálica. El aumento de fluidos en la parte superior del cuerpo aumenta la presión intracraneal, afectando su forma; también afecta ligeramente al nervio óptico provocando problemas de visión similares a los que sienten los pilotos de combate.

La estancia en el espacio provoca la disminución de la densidad ósea. Los bajos niveles de iluminación tiene como consecuencia una caída en los niveles de vitamina D3 imprescindible para el depósito de calcio en los huesos mientras que el aumento en los niveles de dióxido de carbono en el ambiente de las naves espaciales provoca la desmineralización del hueso y el aumento de hasta un 70% de calcio urinario y fecal. Esta pérdida de calcio hace que los astronautas sean muy sensibles a fracturas y puede desencadenar problemas renales debido a la calcificación parcial de los riñones por problemas de excreción.

Por otra parte, un hecho común durante los vuelos espaciales, es el incremento de los niveles de glucocorticoides y catecolaminas, moléculas implicadas en funciones como la respuesta al estrés. Este aumento puede afectar al sistema inmunitario. Se han observado alteraciones en la circulación leucocitaria, disminución de la actividad de los linfocitos natural killer, función deprimida de los granulocitos y de los linfocitos T y niveles alterados de inmunoglobulinas. Como consecuencias de todo ello los astronautas están expuestos a procesos infecciosos, virales y bacterianos, durante el viaje espacial.

Además de todos estos cambios en el cuerpo, los astronautas se exponen a alteraciones conductuales. Aunque aún no han sido descritas con claridad, se tiene constancia de alteraciones psicológicas similares a los que se sufren en las estaciones de investigación del Ártico o en submarinos. Las alteraciones de los ciclos de luz y oscuridad provocan cambios en los ritmos circadianos que se traducen en aumento de la fatiga y desencadenar procesos de ansiedad, insomnio y depresión. El proceso de adaptación a las condiciones extremas del espacio involucra pues cambios complejos en cuerpo y mente, tanto en el caso de exposiciones cortas como prolongadas y ello puede derivar en problemas de salud durante y después de la exposición.

Los programas espaciales han aportado conocimientos respecto a cómo actúa la microgravedad y otros factores sobre la fisiología humana; sin embargo, no son bien conocidos aún sus efectos a corto y a largo plazo. La medicina espacial continúa investigando estos cambios con el fin de alcanzar una mejor comprensión de los mismos. Sin duda este conocimiento tendrá impacto directo en el diseño y desarrollo de misiones espaciales porque ¿quién sabe si el futuro de la humanidad pasa por acostumbrarse a vivir en el espacio? ■

¿Nanomedicina, la nueva forma de curar en el siglo XXI?

Coneyl Jay via Getty Images

AUTOR **JESÚS SANTAMARÍA RAMIRO**

Profesor de la Universidad de Zaragoza

Subdirector del Instituto Universitario de Investigación en Nanociencia de Aragón

Carlos está en la sala de espera escuchando música a través de sus auriculares inalámbricos, casi invisibles. Sabemos que escucha música porque sigue el ritmo con la cabeza y el pie izquierdo. Tiene 19 años y no parece nervioso, a pesar de que ha recibido un probable diagnóstico de cáncer hace ya dos semanas. La enfermera abre la puerta y pronuncia su nombre pero él no la escucha, está concentrado en su canción favorita. Se sobresalta cuando le toca en el hombro.

Entra en la consulta, le recibe la misma doctora que en la ocasión anterior. Es una mujer de la que se fía, en la consulta anterior le contó que había estudiado Medicina y Nanotecnología, pero además explica las cosas con mucha claridad, y eso siempre tranquiliza. Ahora que ya ha desconectado la música, escucha atentamente:

- Me temo que las pruebas complementarias han confirmado nuestra impresión inicial, tienes cáncer de pulmón, pero parece que lo hemos pillado a tiempo. Hoy lo comprobaremos.

Carlos asiente, ha estado buscando en internet y más o menos sabe qué esperar, así que no se sorprende cuando le piden que pase a la habitación contigua donde le colocan una máscara facial conectada a un recipiente metálico. La enfermera regula la presión y abre una válvula, Carlos inspira profundamente varias veces, como le han pedido que haga. Lo que está inspirando son nanopartículas magnéticas de última generación: tienen un tamaño de 20 nanómetros que les permitirá distribuirse por todo el pulmón, pero también alcanzar los alvéolos pulmonares y pasar a la sangre rápidamente. Van funcionalizadas con anticuerpos diseñados para el reconocimiento tumoral. La dosis es suficiente como para distribuirse por todo el organismo, y además las partículas tienen un recubrimiento que les permite evadir el sistema inmune, de manera que pueden viajar hasta los rincones más apartados del cuerpo de Carlos. Si hay un tumor en otro sitio, se pegarán a él, delineando su contorno, como si fuesen diminutas etiquetas de aviso. Vuelve a sentarse en la sala de espera, a sumergirse en su música. Al cabo de una hora le llaman de nuevo.

Esta vez se introduce en un equipo de imagen por resonancia magnética de alta resolución. Las imágenes tridimensionales que devuelve muestran en claramente el tumor en el pulmón, ahora se ve perfectamente porque está rodeado de las nanopartículas, que aumentan el contraste en la imagen. Pero eso la doctora ya lo sabía. Lo que busca en este examen son tumores secundarios, posibles metástasis del tumor inicial. El examen es lento y minucioso, no se puede pasar nada por alto. Si hubiese un tumor secundario, incluso de tamaño inferior al milímetro, el equipo debería detectarlo.

- Buenas noticias. Estás limpio, salvo el tumor que ya habíamos encontrado. Ahora vamos a ocuparnos de él.

De nuevo le colocan la máscara de aspiración, que ahora está conectada a otro depósito de partículas. Lo que Carlos está respirando son nanopartículas de un polímero biodegradable, estas son más grandes que las anteriores, unos 150 nanómetros, y también más complejas, ya que en su interior contienen un fármaco anticancerígeno (doxorubicina) y otras nanopartículas de sulfuro de cobre, también biodegradables. Externamente tienen una funcionalización similar a las magnéticas, que las anclará a las células del tumor. Las nanopartículas de sulfuro de cobre tienen un papel clave en el tratamiento, están diseñadas para absorber radiación en el infrarrojo cercano y calentarse. Ese calentamiento producirá dos efectos: por un lado, elevará la temperatura local hasta 45°C, suficiente para provocar la muerte de las células tumorales cercanas, por otro, acelerará la ruptura de las cápsulas poliméricas, liberando la doxorubicina, otro agente letal para las células tumorales.

Esta vez el procedimiento es rápido comparado con tiempo que requirió el escáner de resonancia. La doctora se acerca con un láser portátil con una longitud de onda de unos 800 nm, en medio de la "ventana del agua", donde la absorción por la sangre y los tejidos es mínima. Gracias a las imágenes de la resonancia saben exactamente dónde está el tumor, así que es fácil irradiarlo con precisión. Carlos no nota nada, las nanopartículas de sulfuro de cobre hacen su trabajo sigilosamente, absorbiendo la radiación y produciendo calor local. Sin que él sea consciente, las nanopartículas alrededor del tumor se van calentando y liberando su carga tóxica. Las células tumorales mueren, acosadas por el calor y la doxorubicina. El procedimiento se repite a los dos días y de nuevo al cabo de una semana. Carlos no ha notado ningún efecto secundario, la cantidad total liberada ha sido baja, y se ha limitado a una región centrada en el tumor. Si hubiese seguido un tratamiento quimioterápico convencional, las consecuencias habrían sido muy distintas. Las nanopartículas situadas en las zonas no iluminadas por el láser se degradan lentamente y son eliminadas. Un mes más tarde, la resonancia confirma la desaparición del tumor. ■

El relato anterior encaja bien con la visión de Richard Feynman en 1959: introducir en nuestro cuerpo un doctor diminuto que viaje por su interior arreglando desperfectos. Todavía es una pieza de ciencia ficción, pero los elementos necesarios (nanopartículas funcionalizadas con anticuerpos de reconocimiento tumoral, capaces de intensificar la respuesta de una resonancia magnética, nanopartículas poliméricas biodegradables conteniendo un fármaco y otras partículas capaces de calentamiento remoto) ya están disponibles en laboratorios de nanotecnología alrededor del mundo.

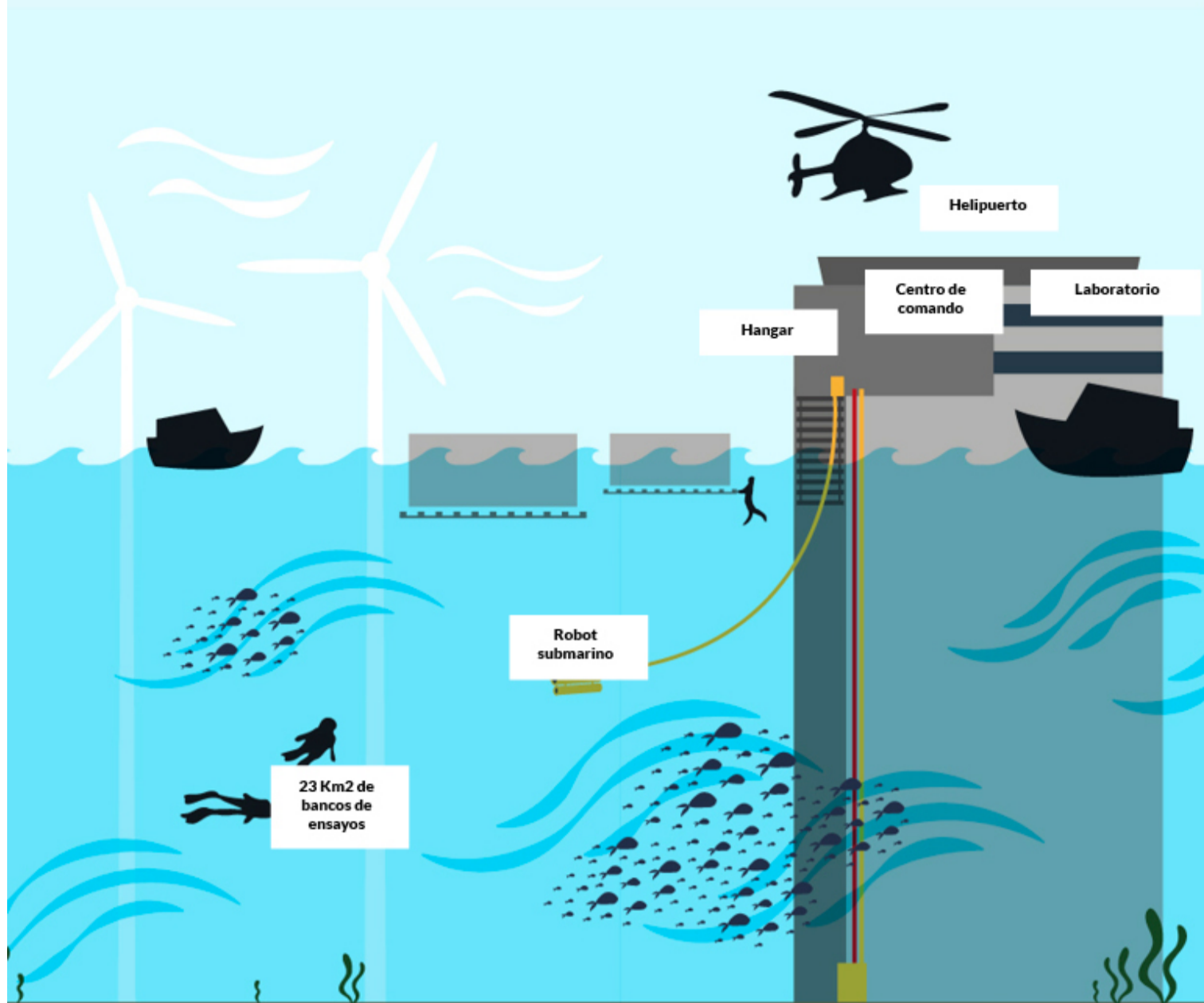
PLOCAN, aprovechando nuestra ventaja.

AUTOR HIPÓTESIS

INFOGRAFÍA VERÓNICA MORALES



PULSA SOBRE LOS ELEMENTOS PARA OBTENER MÁS INFORMACIÓN



No hace mucho tiempo, algunas décadas atrás, todas las regiones aspiraban a ser líderes en todo. Los mejores, los números uno en cada una de las disciplinas del amplio abanico cultural, social o científico. Los mejores teatros, estadios, aeropuertos, hospitales o centros de investigación. Como es imposible que más de uno pueda ser el primero, los administradores no tardaron en iniciar campañas de propaganda avalando las bondades de sus instalaciones y recursos. El problema vino cuando varias regiones se atribuían titulares del tipo "el primero de Europa" o "el mejor del mundo". Y pronto se hizo evidente para todos que estas atribuciones eran, como poco, muy generosas y autocomplacientes.

Ante la insostenibilidad de pretender que todos fueran buenos en todo, se hizo evidente para muchos lo que por otra parte es obvio: el objetivo debe ser la excelencia. Y es que ya no vale solo con ser bueno, ya no basta con un notable alto; para ser es necesario ser sobresaliente. Pero para que un territorio o región pueda optar a la excelencia tiene que contar con alguna ventaja que le facilite alcanzarla, tener un As bajo la manga, una ventaja estratégica.

Canarias es un archipiélago africano cercano a las costas de África. Eso es algo que, por ejemplo, Galicia no tiene y por tanto, por mucho dinero y esfuerzo pueda dedicar a algún objetivo concreto jamás, nunca dejará de ser lo que es, un territorio continental. Resulta también que dos de las Islas Canarias, Tenerife y La Palma, son elevadas y por su situación su atmósfera es especialmente transparente, lo que las convierte en ideales para la observación del cielo. Otra ventaja: muy cerca de las costas de las islas el mar alcanza profundidades abisales. Así, mientras que en el Mediterráneo una embarcación tiene que navegar mar adentro durante horas para encontrar fondos de 2.000 metros, en algunos lugares de Canarias esa profundidad casi está a tiro de piedra de la costa.

Son las características geofísicas y geográficas las marcan las diferencias de una región a otras y las que deben explotarse para tener una opción a la excelencia. En este sentido Canarias ha definido varios ejes estratégicos y uno de ellos es la investigación marina. Y si hablamos de investigación marina tenemos que poner rumbo al noroeste de Gran Canaria. A 1,5 kilómetros de la costa se encuentra una plataforma que da nombre a un ambicioso proyecto como es el de establecer una laboratorio marino permanente y aprovechar las condiciones naturales de las islas para la exploración oceánica.

Así nació la Plataforma Oceanográfica de Canarias (PLOCAN). En 2007 PLOCAN se convirtió en un proyecto oficial a partir de un proyecto inicial gestionado por su impulsor y actual director, Octavio Llinás. Desde entonces y a lo largo de estos años de trabajo, no siempre fáciles, se han dado interesantes resultados. Su plataforma Off-Shore ya está en las costas de Gran Canaria, sin duda la parte más visible de PLOCAN. Esta infraestructura está construida en un bloque de hormigón que descansa sobre el fondo marino, situado a 30 metros de profundidad. Coronado por un helipuerto este edificio

singular dispone de laboratorios, talleres, tanques de ensayos, aulas y hasta una cámara hiperbárica.

Está situada en una zona marino-terrestre de ensayos marinos de propiedad pública; un área de 23 kilómetros cuadrados de mar que van desde la costa hasta cotas de 600 metros de profundidad. Se pretende que esta parte de la costa de Gran Canaria sea un lugar de pruebas y ensayos de tecnologías relacionadas con las energías renovables, estructuras eléctricas y submarinos. PLOCAN no solo quiere ser un centro de investigación. Aprovechando su privilegiada posición será un observatorio para el monitoreo y modelización de fenómenos marinos como corrientes u oleaje.

Robots Submarinos

Los conocimos primero fue el cine y la literatura de ciencia ficción, luego los vimos en las fábricas, realizando el trabajo más duro y agilizando la cadena de montaje. Más tarde tocaron a la puerta de nuestros hogares para barrer el polvo o para cortar el césped. Ahora ya casi estamos acostumbrados a verlos volar sobre nuestras cabezas, ¿quién no ha visto un dron? Pero los robots también surcan los océanos. Robots con aspecto de torpedos son capaces de cruzar los grandes océanos tomando y registrando las condiciones ambientales marinas en su viaje.

Los robots submarinos o "planeadores" están llamados a enseñarnos el océano como nunca antes lo habíamos visto. Capaces de navegar de forma autónoma, varios de estos prototipos surcan ya por los mares y océanos del planeta recabando datos y batiendo récord de permanencia en el océano. Algunos de ellos han partido de PLOCAN. Pronto los robots podrán sustituir los peligrosos trabajos que en estos momentos realizan buzos, podrán tender cables submarinos o medir el calentamiento de los océanos.

La robótica no es solo materia de ingenieros y grandes laboratorios. Como desde hace años la iniciativa "FIRST LEGO League", los amantes del mar y la última tecnología también tienen la oportunidad de desarrollar sus propios prototipos marinos. PLOCAN participa en dos iniciativas que dan rienda suelta a los escolares más intrépidos. Uno de ellos es Educational Passages, una iniciativa que invita a los alumnos de secundaria a construir, en su asignatura de tecnología, barcos a vela de 1,5 metros de eslora y 20 kilos de peso que soltados en alta mar son luego monitorizar con GPS durante su travesía. El segundo proyecto se denomina Rovsteam y plantea la construcción de robots marinos operados remotamente a partir de herramientas de bajo coste, con hardware y software libres. ■



La ciencia y las pseudociencias vistas desde el lado médico

AUTOR RICARDO BORGES

Catedrático de Farmacología de la Universidad de La Laguna

La Ciencia se basa en dudar primero, comprobar luego, afirmar y concluir después con nuevas dudas que nos vuelve a poner en iteración. En ese devenir de continua puesta en entredicho consiste buena parte de la labor del científico; algo que se extiende al mundo de la Medicina. Es así, y no de otra manera, como se ha producido el espectacular avance que esta ciencia ha experimentado en siglo y medio.

Cuando estudiaba la carrera nos suspendían un examen si hablábamos bien de los efectos beneficiosos del pescado azul, del vino tinto o del café. En Farmacología un alumno recibía igual calificación si afirmaba que los beta-bloqueantes (unos fármacos que reducen ciertas acciones de la adrenalina) podían utilizarse en un paciente con insuficiencia cardiaca. Hoy los beneficios de las grasas procedentes del pescado azul, del resveratrol del vino tinto, de la neuroprotección de la cafeína están aceptados. Igual ocurre con uno de los tratamientos actuales de la insuficiencia cardiaca, paradójicamente los beta-bloqueantes.

Uno puede tener una idea feliz, supongamos beber mucha agua con miel y limón. Podemos argumentar que la miel es un producto natural que aporta nutrientes esenciales y el limón es una fuente de compuestos antioxidantes. El agua ayuda a eliminar "toxinas" y a mantener una hidratación excelente ya que hay quien afirma que los humanos estamos crónicamente deshidratados. Estos argumentos nos pueden parecer lógicos e incontestables, pero la aparente lógica y la realidad no siempre van de la mano.

Situar un nuevo concepto o verificar una teoría (puede ser un nuevo fármaco, una nueva prótesis, una estrategia diagnóstica) en Medicina es todo menos fácil y barato. La contribución de nuestro país con fármacos realmente nuevos en los últimos años puede contarse con los dedos de una mano y sobran dedos. El esfuerzo intelectual y la carga de trabajo y el dinero empleado son descomunales; con demasiada frecuencia un nuevo y prometedor tratamiento ha de ser abandonado si su balance riesgo/beneficio no lo justifica.

Pero vayamos a las pseudoterapias y a las ideas felices. Nuestra agua con miel y limón le va fenomenal a doña Isidora (una vieja amiga de la familia) y nos sentimos no sólo contentos sino que, ratificados en nuestra idea, ya queremos repetir en más personas de nuestro entorno, incluso en nosotros mismos. Nuestra terapia va ganando adeptos sobre todo si espolamos nuestras apreciaciones con un título terapéutico como: "Hidroterapia melo-cítrica" o mejor 'Melus citricum hydro' –o MCH-. Pronto

descubriremos que un buen envase y un precio elevado contribuyen sin duda a la percepción positiva. Ya en el prospecto que acompaña al MCH indicamos que mejora el estado de ánimo, contribuye a mejorar la digestión y los dolores reumáticos y que está especialmente indicado para los "problemas del hígado". Igualmente, unido a una dieta adecuada el MCH contribuye a reducir el colesterol y los problemas cardiovasculares derivados del mismo.

Ahora reflexionemos: alguien que está dispuesto a pagar por un tratamiento con MCH experimentará sin duda mejoras en mucho de lo alegado, básicamente porque resulta difícil evaluar objetivamente el estado de ánimo, la digestión o los dolores. Por otro lado tomar agua con limón y miel de seguro que quitan algo el hambre que, unido a la dieta, mejorarán nuestro perfil lipídico. Todo ello sin contar con el efecto placebo del MCH.

Algo tan pueril como lo que acabo de relatar es el responsable del éxito de la mayor parte de los productos que hallamos en las farmacias, y no digamos en parafarmacias y herbolarios, antes de llegar al mostrador. En los últimos 20 años he visto, al menos dos pulseras milagrosas, plantillas con imanes, polvos misteriosos pretendidamente científicos, cremas frío/calor para la celulitis, aguas imantadas, el magnesio, la aromaterapia...

Igualmente, surgen teorías de lo más variopinto cuya base "lógica" está tan sustentada como la del MCH. Así, se condena a la leche dóica que los humanos somos los únicos que la consumimos en la edad adulta (quizás con la notable excepción de mi gato). También que la melatonina y la hormona de crecimiento no se liberan por nuestro cerebro adulto y hemos de administrarla (eso sí, siempre provenientes de "fuentes naturales").

¿Qué hace el científico? Pues dudar primero, comprobar luego, afirmar después y para concluir con nuevas dudas que vuelven a entrar en iteración, pero de entrada dudar y comprobar. Hace mucho tiempo que la eficacia de una terapia se sustenta en pruebas (es la mal traducida como "Medicina basada en la evidencia"). Podemos abordar el estudio de la eficacia del MCH de varias maneras, pero la más segura sería hacer un estudio de comparación con algo desprovisto de las cualidades del MCH pero indistinguible del mismo por el paciente y por quien se lo administra. A eso se le llama un estudio doble ciego frente a placebo. Mejor aún si nuestra investigación se lleva a cabo en diversos centros (multicéntrico); mejor si la elección de incluir a un paciente en un grupo MCH o placebo es aleatorio y sobre todo si se lleva a cabo en un número de personas similares en edad, sexo, raza, tratamientos previos, enfermedades de base...

suficientemente alto que excluya la aparición de sesgos. Si aún queremos hacer las cosas bien, el estudio debería pasar por un comité de ética y sus conclusiones ser analizadas por expertos y avaladas por una publicación científica. Todo ello, como se intuye, algo más serio que la opinión manifiesta por doña Isidora.

Si todo esto se llevase a cabo probablemente el MCH y casi todo lo que encontramos en los sugerentes mostradores de los dispensadores de salud haría mencionados no estarían allí. La aplicación del método científico haría que tampoco duren en el tiempo muchas de las ideas felices. Sin embargo jamás deberíamos permitir que nuestra mente dejase de tener ideas, en ello se basa el avance. Pero nunca hay que dejar de lado dudar primero, comprobar luego, afirmar después.

Las terapias alternativas pueden ser inocuas si no se altera la terapia estándar o deletéreas si se trata de sustituir un tratamiento de eficacia establecida por uno "milagro". El paciente puede obrar según su criterio y escoger entre uno y otro, pero no se puede engañar haciéndolo comulgar con nuestra fe.

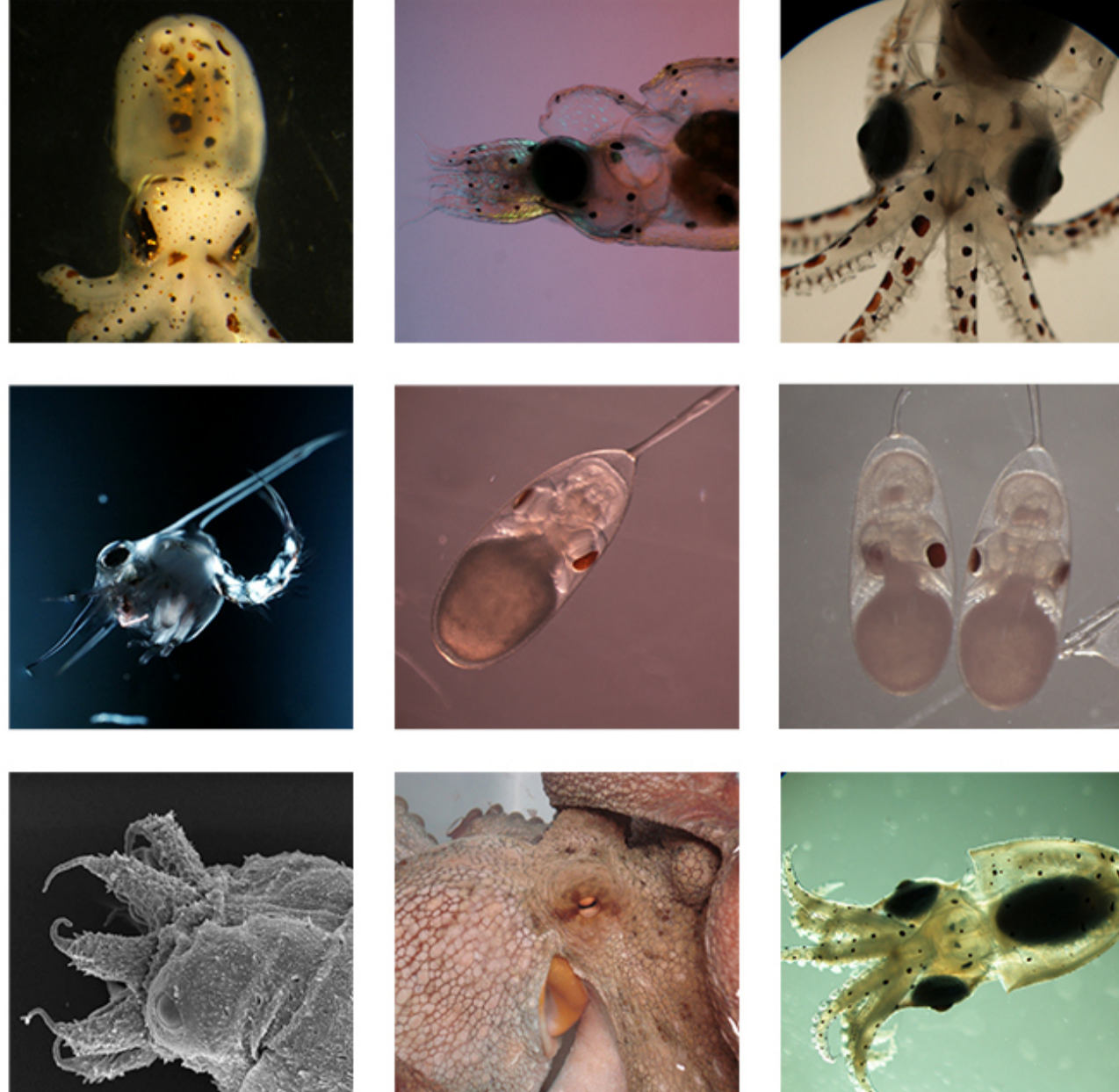
Hacer Ciencia requiere pasión pero no fe ciega y el científico ha de ser capaz de cambiar sus teorías si los datos indican lo contrario. No hacerlo y mantener nuestras creencias va contra la verdad y entraría en el capítulo religioso cuya valoración hoy no viene al caso. Si las pulseras milagrosas pasaron (y no tenían efectos adversos fuera del estético) es de pensar que lo único que se opone a la desaparición de las flores de Bach, la homeopatía, los curanderos, las "energías positivas" es la fe. Pero eso, como dije, quedará para otro día. ■



El pulpo común. El largo camino del laboratorio a la mesa.

AUTOR EDUARDO ALMANSA BERRO
FOTOGRAFÍA INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

Científico Titular
Instituto Español de Oceanografía



El pulpo común pertenece a la familia de los cefalópodos (Cephalopoda: "pies en la cabeza") a la que pertenecen también los calamares, sepias y nautilus. Se trata de animales que han despertado desde siempre un gran interés, tanto por su morfología, como por su comportamiento complejo, fruto de un cerebro muy desarrollado. Estos animales pertenecen a la división de los moluscos, aunque en muchos aspectos son más parecidos a los vertebrados que al resto de especies de este grupo. En este sentido podríamos destacar la presencia de un ojo muy parecido al de los vertebrados (lo que constituye un claro ejemplo de convergencia evolutiva) así como la presencia de un sistema circulatorio cerrado (con tres corazones) que les permite una actividad que no tienen el resto de moluscos. Además de esto, presentan otras adaptaciones relevantes como un complejo sistema de pigmentación en la piel, que usan tanto como camuflaje, como para comunicarse entre sí. En este último aspecto, parece que interviene también su capacidad para detectar la luz polarizada, lo cual es a su vez muy útil para la captura de determinadas presas. Recientemente, la secuenciación del primer genoma de un cefalópodo (el pulpo de dos manchas, *Octopus bimaculoides*) ha mostrado características singulares como un elevado número de reordenamientos genómicos e importantes expansiones de familias de genes relacionadas con el desarrollo neuronal, entre otras.

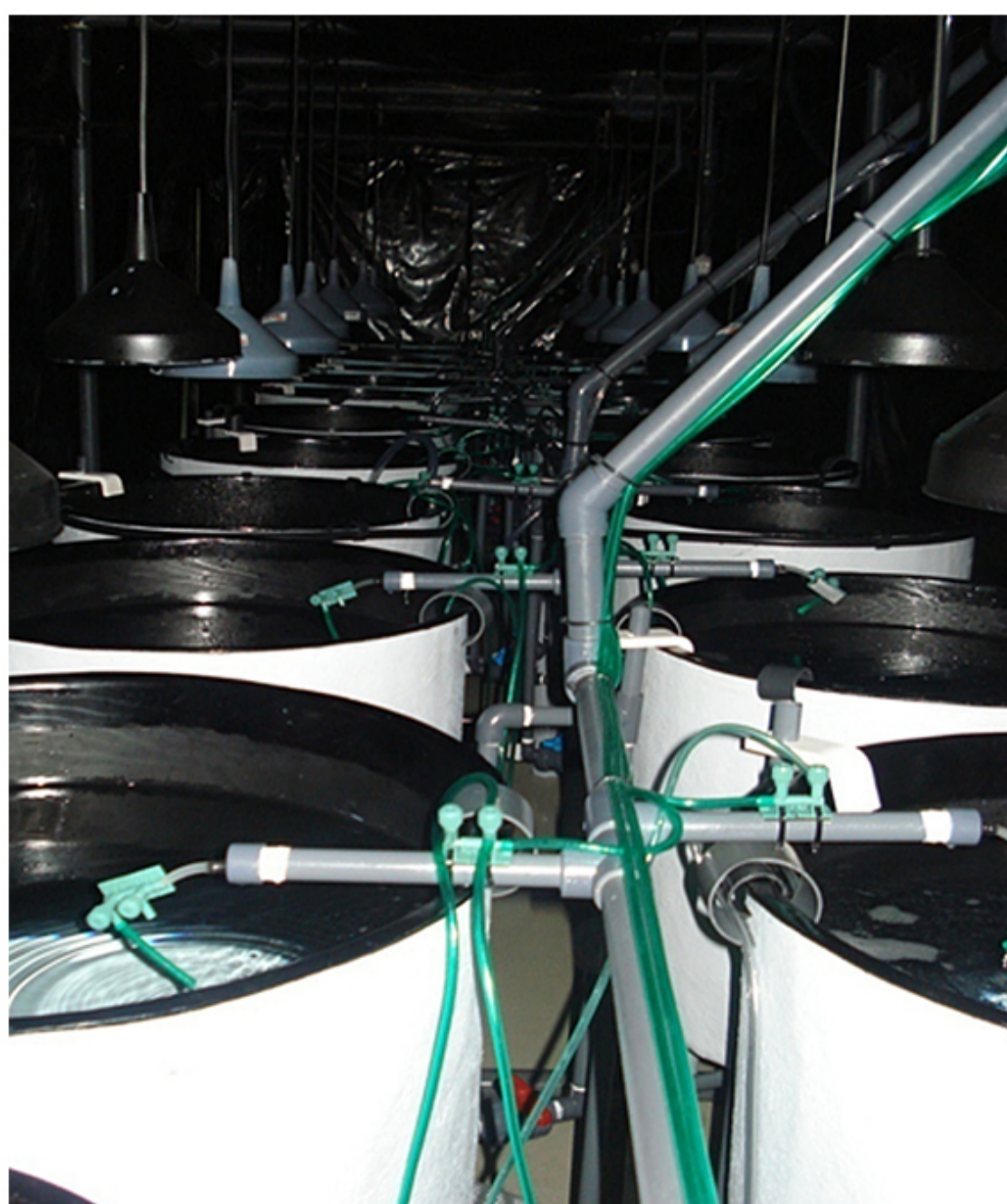
Aparte del interés científico que despiertan estos animales, algunas especies de cefalópodos como el pulpo común (*Octopus vulgaris*) tienen, gastronómicamente hablando, una gran aceptación en España y en el mediterráneo, interés que es cada vez mayor en otros países, como es el caso de EEUU. Sin embargo, las pesquerías de esta especie no son suficientes para cubrir la demanda creciente, lo que da lugar al consiguiente aumento de precios y a una mayor presión sobre las poblaciones salvajes. Por todo esto, la acuicultura de esta especie se presenta como la mejor opción para resolver estos problemas. Es en este campo, donde nuestro grupo de investigación en el Instituto Español de Oceanografía (IEO) ha centrado su trabajo. De hecho, los primeros intentos de cultivo tuvieron lugar en los años 90 en el IEO de Vigo donde el pulpo mostró un rápido crecimiento (un adulto puede incrementar su peso hasta un 3% al día), elevada fecundidad (una hembra pone entre 300.000 y 500.000 huevos) y una fácil adaptación a la cautividad. Los ensayos realizados en esa época consiguieron completar el ciclo de vida en cautividad, aunque los porcentajes de supervivencia eran extremadamente bajos, a lo que se sumaba que la alimentación basada en larvas (zoeas) de centolla no era rentable a nivel comercial.

El principal problema en el cultivo del pulpo reside en la fase inicial (conocida como paralarva) donde tienen lugar una mortalidad masiva, impidiendo la obtención de juveniles. Esto se atribuye tanto a la falta de una dieta adecuada como a unas condiciones ambientales que le generan estrés. Esta fase, que dura unos 60 días, se caracteriza porque los individuos viven en la columna de agua (son planctónicos) y, en condiciones óptimas, pueden incrementar su peso hasta un 10 o un 15% al día. Esta fase se considera superada cuando adquieren la forma típica de un pequeño pulpo adulto y emigran al fondo (se hacen bentónicos), entrando en la fase juvenil.

Nuestro grupo de investigación, compuesto por personal de los centros oceanográficos de Tenerife y Vigo, ha continuado la línea de trabajo de los primeros investigadores que trabajaron en el cultivo del pulpo y liderado en varios proyectos sobre este tema dentro de los Planes Nacionales de I+D así como en proyectos regionales y europeos. Proyectos realizados en colaboración con otras entidades, entre las que cabría destacar las Universidades de La Laguna, las de Vigo y Granada y varios centros del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. El objetivo de estas investigaciones era reducir la mortalidad larvaria a través de un enfoque multidisciplinar, centrándose tanto en la tecnología de cultivo, como en la fisiología de la nutrición y del estrés en las paralarvas. Empleando herramientas de la fisiología, moleculares y genéticas, se ha podido saber mucho sobre la fisiología de la paralarva, el desarrollo de su sistema digestivo, su metabolismo, los requerimientos nutricionales y el efecto de las condiciones de cultivo en el sistema inmune, la respuesta al estrés, la expresión de genes y la regulación epigenética, entre otros. Se han diseñado nuevas dietas y optimizado las condiciones de cultivo y de bienestar de los animales a través de la caracterización de biomarcadores de nutrición y estrés que indican de forma precisa y fiable el estado de las paralarvas en las diferentes condiciones ambientales. Por último, hay que destacar la colaboración con el departamento de pesquerías del IEO que suministra información sobre ecología y comportamiento de las poblaciones salvajes para su aplicación al cultivo, mientras que la información obtenida con nuestros ensayos resulta a su vez de utilidad para la gestión pesquera de dichas poblaciones.

Dentro de estas líneas, entre los años 2017 y 2018, la colaboración entre los investigadores de los centros de Vigo y Tenerife del IEO ha dado lugar a un nuevo protocolo de cultivo, que nos ha permitido obtener juveniles de pulpo con una alta supervivencia. Aún quedan muchos retos por delante para poder cerrar el ciclo en cautividad a nivel industrial. No obstante,

este avance consigue superar lo que hasta el momento se consideraba como el principal cuello de botella, aplicando además, una metodología que parece más rentable, a priori, que las desarrolladas hasta ahora. ■





Refugiados climáticos y comunidades marinas.

AUTOR JOSÉ CARLOS HERNÁNDEZ
 VÍDEO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

*Ecología de Comunidades Marinas y Cambio Climático
 Universidad de La Laguna*

Hace unos años escuché al ahora ex - presidente de la República de Kiribati, Anote Tong, en una intervención televisada. No me podía creer lo que estaba contando. Su país estaba desapareciendo bajo las aguas del Pacífico. Este señor reclamaba unas acciones desesperadas a la comunidad internacional para frenar el calentamiento global porque, indirectamente, el derretimiento de los casquetes polares estaba hundiendo a su pueblo bajo las aguas. Incluso, relataba, que estaban adquiriendo terrenos en Fidji para poder desplazar a parte de su pueblo. Fue este uno de los primeros relatos sobre desplazados climáticos. Oídos sordos a sus comentarios, el presidente de los Estados Unidos de América, Donald Trump, decía unos meses después que "el concepto de cambio climático fue creado por y para los chinos para volver a la industria manufacturera estadounidense no competitiva". Hoy en día, la ONU estima que existen unos 26 millones de refugiados climáticos y se prevé que en unas décadas esta cantidad se eleve a más de 100 millones de personas.

Este calentamiento global, que está causando el derretimiento de los polos, es consecuencia de un exceso de CO₂ en la atmósfera que acrecienta el efecto invernadero y hace que aumente la temperatura del planeta. Las concentraciones de CO₂ en la atmósfera fluctúan de manera natural, debido a los cambios en la órbita terrestre, que modifican la intensidad de la luz solar que incide sobre el planeta Tierra, o por cambios en la actividad volcánica que también hace que fluctúe el CO₂ atmosférico. Sin embargo, sabemos, gracias a la composición isotópica del carbono, la procedencia del CO₂ y podemos decir que las concentraciones atmosféricas se han incrementado recientemente debido a la actividad humana y concretamente al uso de combustibles fósiles. Actualmente, producimos unas 38 gigatoneladas de carbono al año, cuando en 1950 producíamos 11 gigatoneladas. Además, estas concentraciones registradas están por encima de todo lo registrado en 800000 años previos.

El problema es que el debate se ha politizado y las empresas petroleras, los grupos ambientalistas, los gobiernos y las organizaciones no gubernamentales eligen los resultados que se adaptan mejor a sus intereses. Por ello, los gobernantes de los países no logran ponerse de acuerdo en las cantidades, los más reticentes, siempre, los que más dependen de este tipo de industria. Recientemente, en la cumbre climática de Katowice en Polonia, se llegaba a un acuerdo de mínimos para poder aplicar el acuerdo de París, que básicamente pretende mantener el calentamiento global por debajo del límite de los 2°C, mediante el control de las emisiones de los países firmantes mediante cuotas de emisión. Más allá de los discursos políticos, el cambio climático es un problema ambiental y social real, al que tenemos que enfrentarnos como sociedad global puesto que las acciones de unos países afectan al bienestar de otros.

Aquellos que aplicamos el método científico, vamos avanzando por un camino más directo, o eso pretendemos, y tratando de estudiar no solo los efectos del cambio climático en el planeta y en los organismos que lo habitamos sino también buscando diferentes opciones. Además, estoy convencido de que si las soluciones quedaran en manos del método científico, evolucionarían y cambiarían, pero siempre en busca de la solución, sin intereses políticos que convierten en un caos algo bastante simple. En este sentido, nuestro grupo de investigación en ecología marina lleva varios años estudiando las comunidades marinas que nos ayudan a mitigar los efectos del exceso de CO₂ atmosférico, ya que los océanos absorben aproximadamente el 26% del CO₂ proveniente de la actividad humana. Con nuestra investigación pretendemos determinar qué comunidades marinas absorben más CO₂ y cómo podemos beneficiar su desarrollo.

Durante el último proyecto de investigación pudimos determinar que las comunidades de especies vegetales marinas presentes en algunas islas son unos filtros excelentes y llegan a absorber una gran cantidad de CO₂. Éste es el caso de las comunidades dominadas por *Lobophora variegata*, que absorben una gran cantidad de CO₂, y con ello mitigan los efectos del cambio climático. A modo de ejemplo, les expongo el siguiente caso. Imagínense que los 68000 vehículos del parque automovilístico de la isla de La Palma recorrieran unos 10 km, éstos terminarían produciendo a lo largo del día unas 68.53 Tm CO₂/día. Nosotros sabemos que la extensión de los fondos de *Lobophora* en la isla de La Palma es de 839 ha. Por lo que, haciendo un poco de matemáticas, hemos calculado que estas comunidades de macroalgas son capaces de absorber un 20% de ese CO₂ producido por los vehículos de la isla. Sorprendente ¿no? Con este conocimiento el siguiente paso sería favorecer todas aquellas acciones que repercutan en la protección y expansión de estos fondos vegetados y así disminuir las concentraciones de CO₂ atmosférico.

Asegurando unos océanos más protegidos, por ejemplo con la creación de reservas marinas, podemos favorecer el desarrollo de comunidades algales eficientes y así disminuir el exceso de CO₂ que esta generando el calentamiento global. Este estudio se suma a un número creciente de posibilidades y estrategias planteadas por los científicos para mitigar los efectos del cambio climático, y así tratar de evitar casos tan preocupantes como el aumento de los refugiados climáticos. La pregunta es ¿seremos capaces de hacerlo como sociedad global? ¿podremos anteponer la sensatez biológica a una economía en contra de lo natural? ■

Transgénicos: Los primeros 25 años

AUTOR JOSÉ MIGUEL MULET
FOTOGRAFÍA CARLA GARRIDO

Profesor de la Universidad
Politécnica de Valencia

Los primeros alimentos transgénicos llegaron hace 25 años a los supermercados de Estados Unidos. Es un buen momento para reflexionar sobre lo que han supuesto, sus beneficios, y toda la polémica que hay alrededor de ellos.

Cuando le preguntamos a la gente sobre transgénicos, es probable que nos diga que son unos alimentos peligrosos o que no son recomendables. Muy poca gente dirá que los alimentos hechos a partir de animales o plantas genéticamente modificadas (o transgénicos) solo es una de sus muchas aplicaciones. Realmente las plantas transgénicas llegaron tiempo después de tener animales transgénicos que se utilizaban en investigación biomédica, o de tener microorganismos transgénicos que se utilizaban en multitud de procesos industriales. Actualmente utilizamos transgénicos cada vez que entramos en una farmacia, ya que están presentes en muchos medicamentos, o en productos de uso cotidiano como detergentes, ropa de algodón o líquido para limpiar lentes de contacto.

Los primeros alimentos transgénicos en llegar al gran público fueron dos variedades de tomate. Aunque ahora parezca bastante increíble, en su momento no hubo apenas polémica, y fueron recibidas con indiferencia por el consumidor americano. Además fueron un fracaso comercial. La mejora que conferían era que tardaban más en hacerse blandos algo que no era una demanda del público. Otro fallo estratégico fue que se utilizó una variedad de tomates fácil de transformar, pero poco interesante desde el punto de vista del mercado por tener un sabor muy anodino. Las dos primeras variedades se retiraron del mercado por motivos comerciales. Sin embargo, en 1996 la empresa británica Astra Zeneca comercializó un tomate que se utilizaba para hacer pasta de tomate que se vendió en las cadenas Sainbury's y Safeway y llegó a acaparar el 60% del mercado. Si todo empezó con tal naturalidad ¿Qué pasó entonces?

El motivo del rechazo a los transgénicos es debido a una confluencia de factores. Las plantas transgénicas fueron desarrolladas simultáneamente por la Universidad de Gante (en Bélgica), la Universidad Washington, en San Luis (Missouri) y la empresa Monsanto. Las universidades lo vieron como una herramienta académica, sin embargo Monsanto le vio una utilidad comercial y fue la primera compañía privada que tuvo la tecnología lista para venderse. En Europa se habían estado haciendo ensayos de campo durante cuatro o cinco años sin ningún problema y se autoriza-

ron las primeras variedades, entre ellas el maíz MON810, que se sigue sembrando en la actualidad, pero cuando llegó a Europa el primer cargamento de soja transgénica de Monsanto se creó una gran polémica. Esta polémica fue promovida en primera instancia por el partido verde alemán y Amigos de la Tierra (Greenpeace tardó en incorporarse a la campaña antitransgénicos). Como muchas otras campañas impulsadas por grupos ecologistas, podría haber tenido éxito... o ser un fracaso. Pero confluyeron otros dos factores. Para empezar, que ninguna empresa europea de semillas estaba preparada para asumir el reto tecnológico, y tenían miedo de que Monsanto les quitara el mercado, por lo que ninguna empresa o institución hizo ninguna oposición a esta campaña de descrédito por parte de los grupos ecologistas. Y por otra parte, el impulso definitivo para el triunfo de esta campaña fue la crisis de las vacas locas en el año 2000, en la que a la ciudadanía le entró mucho miedo por el tema de la alimentación. Esta crisis fue utilizada de forma ilegítima por los grupos ecologistas, aunque realmente no tenía ninguna superación con los transgénicos. Esta presión provocó que las cadenas de supermercados inglesas retiraran de sus lineales todos los productos que llevaban transgénicos, que se bloquearan todas las autorizaciones y que se implementara una ley que obligaba a etiquetar todos los productos que contienen transgénicos. Por cierto, esta campaña triunfó básicamente en Europa. En Estados Unidos las mismas organizaciones ecologistas apenas hacen campaña. Solo hay que ver la página web de Greenpeace en Estados Unidos, para ver que el tema de los transgénicos ni siquiera aparece en portada.

¿Debemos preocuparnos? La verdad es que en 25 años ninguno de los pronósticos negativos se ha cumplido. No ha habido ningún problema de salud y de medio ambiente derivado del uso de esta tecnología, debido, entre otras cosas, al exhaustivo control al que está sometida cualquier nueva variedad. Los transgénicos son la tecnología agrícola que más rápida implantación ha tenido. Los principales cultivos modificados genéticamente son el algodón, la soja, el maíz y la colza y los principales caracteres introducidos son la resistencia a insectos o la tolerancia a herbicidas. A efectos prácticos, esto ha permitido que cereales de primera necesidad se mantengan a un precio asequible, o que hayan disminuido los costos de producción del algodón, lo que ha beneficiado a los pequeños y medianos productores de países como la India, Pakistán o Bangladesh, o que el ahorro en insecticidas haya disminuido el impacto ambiental de muchos cultivos, o las intoxicaciones de agricultores. En Europa estamos comiendo muy pocos transgénicos, aunque si tienes paciencia puedes encontrar

alguna lecitina de soja o alguna harina de maíz etiquetada como que contiene productos OGM, sin embargo prácticamente la totalidad del ganado se está alimentando con maíz y soja transgénica.

Una crítica que se hace es que la mayoría de variedades transgénicas benefician al agricultor, pero al consumidor no le suponen ninguna diferencia. Esto es cierto, y se debe a que en estos casos la ventaja se obtiene con un único gen, mientras que conseguir variedades enriquecidas en vitaminas o en antioxidantes necesitan varios genes y son proyectos más complicados. Pero la tecnología avanza, y ahora ya tenemos disponibles en el mercado arroz, maíz, plátano, naranja y yuca enriquecida con vitamina A, tomates y piñas enriquecidos en antioxidantes, manzanas que no pardean al cortarlas, trigo sin gluten, etc...

Si tenemos en cuenta que los beneficios cada vez son más evidentes para el consumidor, y que las propias organizaciones ecologistas apenas hacen campaña en contra porque corren el riesgo de minar su propia credibilidad, a esta tecnología le queda cuerda para rato. ■



Tecnología, mejora humana y transhumanismo

¿QUEDARÁ LA VIDA HUMANA REDUCIDA A UN PRODUCTO, ALGO CUYA CALIDAD SE VIGILE Y CONTROLE CON SUMO CUIDADO, ALGO HECHO POR FABRICANTES CON LICENCIA, BAJO LA SUPERVISIÓN DE EXPERTOS EN MEDICINA? PHILIP KITCHER, LAS VIDAS POR VENIR, MÉXICO: UNAM, 2002, PP. 15-16.

AUTORES ANTONIO DIÉGUEZ
ILUSTRACIÓN VERÓNICA MORALES

*Catedrático de Lógica y Filosofía de la Ciencia
Universidad de Málaga*

Los primeros pasos en la filosofía de la biología estuvieron encaminados en torno a la difícil cuestión de las consecuencias filosóficas que cabe extraer del modo en que evolucionó nuestra mente y de qué hay en ella que la liga a la de otros primates o la separa de ellos. En fechas recientes me ha interesado, sin embargo, una cuestión que podríamos considerar situada en un extremo opuesto: la de si podremos potenciar nuestra inteligencia y otras cualidades fenotípicas gracias a las biotecnologías y si será deseable hacerlo más allá de cierto punto a partir del cual podríamos decir que habríamos creado una nueva especie, una especie posthumana. Ligada a esa cuestión está también la de si será posible y deseable desembarazarnos alguna vez por completo de nuestra condición biológica para alojar nuestra mente en un soporte artificial que nos permita escapar de la muerte. Digamos que me han ocupado dos extremos teóricos en lo que concierne al ser humano. Por un lado, el de lo que nos hace animales, producto de una evolución biológica de la que la mente no es excepción. Por otro lado, el de las posibilidades científicamente fundadas de que el ser humano consiga modificar su biología y trascenderla hasta dejar de ser propiamente humano mediante la aplicación de diversas tecnologías, pero fundamentalmente de las biotecnologías, y de las consecuencias sociales y políticas que el mero intento tendría. Considero que ambas están entre las cuestiones filosóficas más interesantes de este momento. La segunda de ellas, que es de la que me ocuparé aquí, se conoce como la cuestión de la mejora humana o, también, la cuestión del transhumanismo.

La pregunta inicial con la que se tropieza cualquiera que empiece a leer sobre este asunto es por qué hay gente que quiere mejorarse tecnológicamente hasta el punto de no importarle si llega a convertirse en un organismo no humano o posthumano. Y la respuesta a esa pregunta es muy simple: nadie o casi nadie quiere morir. El principal atractivo que ejerce el programa transhumanista es justamente este. El biomejoramiento humano se presenta con múltiples facetas. En principio, de acuerdo con la tecnología empleada, pueden distinguirse tres modalidades: la mejora química o farmacológica, la cibernética y la genética. A su vez, cada una de ellas puede estar dirigida al mejoramiento de las capacidades físicas o de las capacidades mentales y conductuales. Pero, como digo, la mejora tecnológica que ha despertado mayor atención ha sido el de la posible extensión de la vida humana, primero mediante fármacos y más adelante, cuando la tecnología sea segura, mediante la manipulación genética, por ejemplo, mediante el alargamiento de los telómeros.

Algunos, como el gerontólogo Aubrey de Grey, prometen a los que hoy son jóvenes una existencia de duración indefinida. Según sus tesis, la esperanza de vida ha venido aumentando significativamente en los últimos años en todos los países desarrollados y los avances de la medicina harán que dicho aumento sea aún mayor en el futuro, hasta llegar a un punto en el que por cada año que pase, la esperanza de vida aumentará en un año, y de ese modo la muerte quedará aplazada de forma indefinida. Con un optimismo que ha causado escándalo, de Grey ha situado en 2029 la fecha en que tal acontecimiento sucederá. Es decir, será el año en el que se alcanzará lo que él llama la "velocidad de escape de la longevidad", el año a partir del cual por cada año que vivamos, ganaremos otro de vida.

Las predicciones de Grey no son compartidas por los especialistas en el estudio científico del envejecimiento. Las afirmaciones de estos son mucho más prudentes, y no hablan jamás ni de una vida de mil años ni de una supuesta inmortalidad tecnológicamente garantizada. No obstante, la esperanza de que el envejecimiento pueda ser no solo ralentizado sino detenido e incluso revertido en alguna medida no es ya una esperanza ajena por completo a la ciencia. En 2013 Google financió con 1 millón de dólares la creación de la empresa de biotecnología Calico Labs, dedicada a la investigación para la lucha contra el envejecimiento y las enfermedades con él asociadas. En 2015 dicha empresa recibió además el apoyo del MIT y de la Universidad de Harvard a través del instituto Broad. Hoy por hoy, hay otras empresas biotecnológicas trabajando en la investigación sobre la extensión de la vida en animales y en seres humanos.

No debería sorprender demasiado esta fuerte inversión económica. Es comprensible que los magnates de Silicon Valley y de otros centros tecnológicos no deseen morir y quieran emplear su dinero en el empeño de evitarlo, pero es que además se trata de una inversión muy rentable. El negocio de la salud (y el manejo de los datos sanitarios) va a ser en los próximos años aún más voluminoso de lo que ya es en la actualidad, y la medicina regenerativa se espera que sea una parte sustancial de ese negocio.

Hemos pasado de anhelar una buena muerte a no querer morir. Quizás ningún cambio de mentalidad sea más descriptivo de nuestra época. La extensión significativa de la duración de la vida en condiciones saludables, e incluso el rejuvenecimiento, se empiezan a ver como conquistas posibles de la biomedicina y la nanotecnología. Estas esperanzas, sin embargo, agitan las aguas de la opinión pública y tras ellas se ocultan en no pocas ocasiones discursos ideológicos sin una base científica genuina que exageran las promesas y buscan el medro. En los próximos años, una tarea ineludible de los científicos será señalar con claridad dónde se sitúan los límites reales de la investigación sobre estos temas, y una tarea obligada de legisladores y filósofos será la de analizar las consecuencias previsibles de los avances en dicha investigación y cómo evitar los escenarios indeseables. ■