



Revista de divulgación científica

REVISTA IDESQBRE

Diciembre 2017 | N°9

EDITORIAL



REVISTA IDESQBRE

La propia existencia de esta revista está vinculada a internet: iDescubre es una publicación online de las muchas que, dedicadas a la divulgación científica, coexisten en una red a la que ya tienen acceso más de 4.000 millones de personas en todo el planeta. La socialización de la ciencia dejó hace tiempo de tener sentido fuera de este vasto universo virtual, pero es que ni siquiera el hecho científico, la generación de conocimientos (como paso previo a su propia difusión), se puede concebir ya sin recurrir a las infinitas posibilidades que brinda esta poderosísima herramienta.

Lástima que, como ocurre en cualquier otra actividad humana, la que se desarrolla en internet también

tiene un lado oscuro, usos ilícitos que nos obligan a multiplicar los esfuerzos en ciberseguridad, e, incluso, rincones ocultos (deep web) en donde, aunque no necesariamente la intención sea malévola, se almacenan contenidos, o se generan relaciones, a los que no se puede acceder mediante los métodos comunes como son los buscadores de uso popular.

Estas anomalías no sólo generan una lógica inquietud entre los usuarios sino que, incluso, sirven de coartada a algunos gobiernos y corporaciones para reclamar un más que discutible control sobre la red, control que, muy posiblemente, no resolvería el problema de

fondo y sí que acabaría con algunas de las virtudes de internet.

La ciencia también está presente en la resolución de este dilema, que tiene profundas derivadas políticas, sociales y económicas, analizando estas disfunciones, desarrollando herramientas para prevenirlas o combatir sus peores consecuencias y, en definitiva, aportando una mirada pragmática y rigurosa a una herramienta que se ha convertido en trascendental para su propio funcionamiento, el de la ciencia. De alguna manera podríamos decir que se trata, en definitiva, de una cuestión de supervivencia.



Imagen de la página web iDescubre.



REVISTA IDESQBRE

PRESENTACIÓN

'iDescubre' es la revista digital dedicada a la divulgación científica andaluza de la **Fundación Descubre**, entidad privada sin ánimo de lucro que integra como patronos a los 24 principales centros de Investigación y divulgación de Andalucía. La publicación persigue acercar la ciencia a todos los públicos y compartir, de manera rigurosa pero cercana, el Conocimiento que nace del trabajo de la comunidad científica andaluza. Así, se convierte en un punto de encuentro entre los investigadores, los divulgadores y los comunicadores con la sociedad. Además se perfila como un escaparate de los avances científicos, así como de las tendencias de la ciencia materializadas en secciones que abordan temas en profundidad, junto con otros destinados a enfatizar la ciencia del día a día. Todo contado de la forma más cercana por científicos divulgadores y comunicadores especializados en ciencia para garantizar el rigor, a la vez que la comprensión de los contenidos. 'iDescubre' se suma a los canales informativos ya consolidados de la Fundación Descubre como su boletín semanal o su agencia de noticias. Además, abre un nuevo espacio para la reflexión y el abordaje de temas en profundidad, contados por sus protagonistas y plasmados en diversidad de formatos y géneros, como el reportaje, el perfil, la entrevista audiovisual o las conversaciones generadas en los nuevos medios sociales. La revista está avalada por el asesoramiento de más de 400 científicos, hombres y mujeres que manifiestan su compromiso con la divulgación con su participación en la Guía de Expert@s de Andalucía. Además cuenta con una dirección científica y otra editorial, un nuevo foro común para cumplir la máxima: rigor científico y cercanía ciudadana.

La tecnología como gestor sostenible de los recursos.

LAS DOS CARAS DE INTERNET

La Red tiene cerca de tres mil millones de usuarios en todo el mundo, entre los que destacan países como China, Estados Unidos e India. Está en el bolsillo, la oficina o el domicilio de la mayoría de los ciudadanos. Se ha convertido, por ende, en una herramienta tan útil, recurrente y asidua que las nuevas generaciones no imaginan una vida sin ella. Pero, ¿cómo ha llegado a ser tan imprescindible? ¿qué riesgos se desprenden de su utilización masiva? ¿Existen operaciones imposibles de rastrear?

Fuente: José Teodoro del Pozo
Asesoría científica: Francisco Herrera y Pedro García

Internet como impulsor de la Cuarta Revolución Industrial.



Ciencia y tecnología. Dos caras de una misma moneda en un mundo moderno, el actual, donde la tecnología es parte esencial para comprender las revelaciones de la ciencia. Avances científicos suceden cada año. Sin ir más lejos, la revista *Science* ha elegido la detección de las ondas gravitacionales como el descubrimiento más relevante de 2017. Junto a éste, ha destacado, entre otros, el hallazgo de una nueva especie de orangután, el *Pongo tapanuliensis*, un homínido que habita en Batang Toru, en el Norte de la isla indonesia de Sumatra. Pero, en esta ocasión, *iDescubre* quiere echar la vista más atrás, concretamente hace 49 años: era la primavera de

1969 cuando se envió el primer mensaje *online* entre las universidades de California en Los Ángeles (UCLA), y Stanford. Solo contenía la palabra "login". Su primer intento falló –llegaron únicamente dos letras–, pero todo lo que vino después es la historia de un hito, internet, que ha transformado la sociedad en apenas cuatro décadas.

Según la revista *Forbes*, el pasado año 2017 internet tenía cerca de tres mil millones de consumidores en todo el mundo, destacando principalmente entre los ciudadanos de China, Estados Unidos e India. De este modo, la cantidad de usuarios se ha multiplicado en las últimas dos décadas,

convirtiéndose en una herramienta de uso diario, tanto personal como profesional. Con su expansión, refieren los especialistas, arriban también los riesgos a la hora de garantizar la seguridad, el acceso o el buen uso de esta red mundial de transferencia de información y conocimiento. Ventajas de Internet

Ventajas de Internet

Los expertos destacan de inicio las bondades de internet, y es que, en las últimas dos décadas, su expansión ha generado un nuevo escenario digital capaz de ofrecer,

afirman, infinitas posibilidades a los usuarios. "Su evolución ha sido muy rápida. En los años 80 era empleado únicamente para conectar universidades e instituciones. En los 90 comienza el acceso por parte del individuo de a pie, ya que las grandes empresas tecnológicas empezaron a desplegar redes que lo permitían", explica el catedrático del departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial de la Universidad de Granada Francisco Herrera. Y añade: "Se ha convertido en un lugar de acceso a muchísima información, generando un conocimiento más cercano que permite multiplicar los servicios de las empresas –como el comercio electrónico, por ejemplo– o

las opciones de ocio... y todo ello de manera inmediata, a tan sólo un clic”.

En este sentido, Herrera invita a profundizar en la transformación que ha vivido la sociedad desde la aparición de internet hasta la actualidad. “Ha sido completa y positiva”, destaca. Y es que, para el especialista, existe una nueva era, incipiente, que él denomina Cuarta Revolución Industrial, donde el individuo vive –y en los próximos años más aún– conectado a internet 24 horas y siete días a la semana. “Es el ‘internet de las cosas’, donde objetos y personas están relacionados entre ellos y con la propia Red y donde se ofrecen tanto servicios como datos en tiempo real. Imagínese o véase, por ejemplo, poniendo la lavadora a través de una aplicación desde la oficina”.

Para el especialista, internet será en los próximos dos lustros la brújula sobre la que gravite la mayoría de los quehaceres y las decisiones de la vida cotidiana: “Las ciudades serán *smart cities* y dispondrán de sensores capaces de

controlar todo aquello relacionado con las personas –en el tráfico, por ejemplo, permitiendo encontrar las mejores rutas o un lugar libre para aparcar-. Esta tecnología, en definitiva, permite y permitirá una gestión más sostenible de los recursos”, añade.

La cara ‘oculta’ de internet

En la Red también existe una zona ‘oculta’ que los expertos denominan ‘web oscura’. Se trata de la internet profunda o *deep web*, un espacio que se sustenta en la utilización de tecnologías que abogan por el anonimato de las comunicaciones. “Entre estas tecnologías destaca la red TOR –por su nombre en inglés *The Onion Router*-, que es una de las que más se emplea, mediante licencia libre, y que fue desarrollada en 2004 por el Instituto de Investigación Naval –*Naval Research Laboratory*- de Estados Unidos”, explica el catedrático e investigador del departamento de Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones de la Universidad de Granada Pedro García. Y matiza: “Fue una tecnología

Representación de la internet profunda.



Francisco Herrera.

ideada para garantizar la libertad de los ciudadanos en países con libertades restringidas, como es el caso China o ciertos países de Oriente medio”.

De este modo, una vez que el usuario ha instalado TOR, entra en la zona ‘oscura’ a través de TOR, puede empezar a bucear en ella. Para ello existe un directorio, *The Hidden Wiki*, que contiene una gran cantidad de enlaces categorizados según temática. “Podrás encontrar cualquier cosa, aunque, debido a la necesidad de mantener el anonimato, la navegación será mucho más lenta de lo habitual”, anota García.

Estas tecnologías a fecha de hoy continúan siendo anónimas, esto es, es imposible identificar a los usuarios. “Estamos ‘expuestos’. La única manera es infiltrarse en la comunidad para tratar de descubrir a sus miembros”, expone García.

A pesar de los enormes y continuados riesgos de internet, una operación segura sólo precisa respetar, apenas, un decálogo de normas de buena conducta, como, entre otras, uso de claves seguras, no visitar páginas ‘dudosas’, emplear software legal o instalar actualizaciones. “El problema es que, en la mayoría de las ocasiones, estas normas básicas no se respetan y esto es aprovechado por los

cibercriminales para llevar a cabo sus actividades delictivas”, añade.

Seguridad en la Red

Que interne forma, hoy día, parte fundamental en la sociedad parece claro, pero en la cantidad ingente de servicios y datos que viajan de un lado para otro en todo el mundo existen diversos riesgos, cada vez más comunes, que los expertos persisten en advertir. “A lo largo de la historia, el concepto de seguridad siempre ha estado relacionado con la necesidad de las personas de encontrarse a salvo, tanto en su domicilio como en la calle, pero el concepto ha cambiado”, adelanta Herrera. De esta forma, con el objetivo de salvaguardar la seguridad de todos los usuarios de internet surge el concepto de ‘ciberseguridad’. “Se trata, en definitiva, de proteger todo lo que es relevante para el desa-

rrrollo de la labor diaria de la ciudadanía, ya sea personal o profesional”, explica, por su parte, Pedro García.

Según apunta el especialista, en materia de ‘ciberseguridad’ son los gobiernos, y estos en base a las directrices de

Pedro García: “Solemos utilizar software no legítimo –esto es, pirata-, navegar de forma no segura, utilizar claves y configuraciones por defecto, descargar todo tipo de archivos que llegan a nuestras manos. Esto nos hace sensibles a la instalación de elementos maliciosos en nuestros dispositivos”.

la Unión Europea, los encargados de dictar las líneas de investigación prioritarias que deben desarrollar los países miembros. “En concreto, en Andalucía existen diversas áreas destinadas a la protección del usuario; como son la criptografía, la detección de intrusos y anomalías, y el análisis de vulnerabilidades”, especifica. En este sentido,



Pedro García.

existe un cierto consenso y destaca cómo en España el usuario presenta una serie de tendencias o hábitos no muy adecuados. “Por ejemplo, somos bastante dados a utilizar software no legítimo –esto es, pirata-, navegar de forma no segura, utilizar claves y configuraciones por defecto, descargar todo tipo de archivos que llegan a nuestras manos... Esto nos hace sensibles a la instalación de elementos maliciosos en nuestros dispositivos”, señala. De este modo, cuando este *malware* se instala en los equipos puede, principalmente, acceder a información personal, como datos bancarios y documentos o imágenes que pueden ser utilizadas en contra del usuario. “Esto también ocurre en las empresas o en el cine, donde es normal recibir una llamada amenazando con que determinada película ha sido robada y reclamando dinero para no publicarla en internet. O no menos relevante es el ‘secuestro’ de información personal relacionada con salud en hospitales de todo el mundo”, ejemplifica.

Asimismo, Herrera advierte de un nuevo problema, como la propagación de noticias falsas en la Red; un hábito relativamente reciente y capaz, por sí mismo, de generar diferentes corrientes de opinión entre la población: “Un ejemplo muy claro es el conflicto catalán, donde se ha demostrado que muchas de las informaciones sobre este trance político surgían en web o cuentas que estaban conectadas en Rusia o Venezuela, situación que provocó que las noticias más repetidas en los medios o los mensajes más enviados a través de la Red procediesen de cuentas falsas que propagaban intencionadamente un contenido también falso”. De hecho, la [Comisión Europea](#) –véase el

Francisco Herrera señala también el uso de la Ciencia de los Datos -Big Data- como una de las tecnologías que más se están desarrollando en la comunidad andaluza para luchar contra este tipo de flaquezas: “Intentamos desarrollar sistemas inteligentes capaces de aprender a partir de la experiencia y de ingentes cantidades de datos para detectar cuándo un acceso puede ser irregular, es decir, que sea un ataque”.

Problemas más comunes

A la hora de señalar cuáles son los problemas de seguridad más frecuentes en la población, para Pedro García

¿INTERNET PARA TODOS?

Uno de los debates que se encuentran, según los especialistas, en continua actividad desde la aparición de internet es la posibilidad de garantizar tanto el acceso como el uso de la Red a la mayoría o la totalidad de la ciudadanía.

Francisco Herrera destaca, entre otros, tres motivos por los cuales, hoy día, se trata de un escenario

prácticamente imposible: la edad, los diferentes niveles de alfabetización tecnológica y el estatus socio-económico: “Existe una brecha digital en personas mayores incapaces de adaptarse y en aquellos entornos rurales o desfavorecidos donde no hay recursos económicos para acceder a la tecnología y a la formación necesaria”. En concreto, añade el

especialista, las sociedades más jóvenes pueden verse especialmente afectadas: “El conocimiento de la tecnología digital influye en el mercado laboral, en la posibilidad de trabajar o no. Esa brecha digital puede ser muy importante en el futuro. Hay que romperla a través de la formación, es decir, la capacitación en competencias digitales”.

EL FUTURO CUÁNTICO

Para los especialistas existe un escenario futuro, aún lejano, donde la Inteligencia Artificial y la Física Cuántica provocarán, otra vez, un nuevo cambio en la sociedad basado en la tecnología. “El día de mañana,

si tuviéramos un ordenador cuántico, el acceso a las claves personales sería prácticamente inmediato”, explica Francisco Herrera. De este modo, augura el experto, los informáticos afrontarán un nuevo

reto, aún mayor, relacionado con la seguridad del ciudadano y de las instituciones: “Será necesario cambiar todos los mecanismos y técnicas de la criptografía actual, ya que tendríamos acceso a todo lo que hoy día es imposible”.

enlace- se ha hecho eco de ello y, desde este mismo mes de enero, está estudiando cómo paliar esta proliferación mediante la reunión de un comité de expertos.

Recomendaciones

Entre las recomendaciones vertidas por los profesionales en materia de ‘ciberseguridad’, García destaca que la mayoría de ellas son de “fácil cumplimiento”, si bien desafortunadamente poco llevadas a la práctica por los usuarios: “En la universidad hacemos actividades para informar de los riesgos y especificar cuáles son las actuaciones a la hora de conectarse a internet y utilizar adecuadamente las TIC. Existen dos tipos de usuarios:

los que están infectados y los que aún no lo saben”. Y aconseja: “Deberíamos ser conocedores de los riesgos y, en consecuencia, adoptar las medidas de seguridad mínimas como, por ejemplo, emplear softwares seguros y licencias que se actualicen periódicamente. Si esto se respetase, no ocurriría una mínima parte de lo que viene sucediendo”.

Igualmente, los ‘hackers’ informáticos emplean ordenadores ajenos para cometer sus fechorías bajo el amparo del anonimato. “Aunque no te roban a ti, utilizan tu máquina para llevar a cabo sus ataques a terceros de manera que ellos están ocultos. Son las denominadas, en el área de estos expertos, máquinas zombies o *bots*”, enfatiza García.



Fotograma de la película 'The imitation game'. Enigma, máquina empleada por los nazis, fue descifrada por Turing, acortando la II Guerra Mundial en dos años en favor de los aliados y evitando 14 millones de muertes.



Participantes y asistentes en Diálogos. / Foto: Casa de la Ciencia-CSIC

LOS ALIMENTOS DEL MAR: DE CAZADORES A GRANJEROS

LA PESCA EXTRACTIVA SE ESTABILIZA, LOS CALADEROS MUESTRAN SUS LÍMITES Y LA ACUICULTURA, EN CRECIMIENTO, SE CONSOLIDA COMO LA MEJOR OPCIÓN DE FUTURO

Fuente: José María Montero



Protagonistas:

María Luisa Cordero

Directora del Centro IFAPA 'Agua del Pino' (Cartaya, Huelva).

José Carlos García

Catedrático de Biología Marina de la Universidad de Sevilla.

Luis Silva

Investigador del Instituto Español de Oceanografía (IEO, Centro Oceanográfico de Cádiz).

Manuel Yúfera

Investigador del Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (ICMAN, CSIC).

Todavía hay quien se empeña en vendernos la falsa ilusión del desarrollo infinito, la idea, irracional y peligrosa, de que la naturaleza tiene una capacidad ilimitada para generar recursos y asimilar residuos. Cuando este invierno volvía a los medios de comunicación el debate a propósito de los cupos que las autoridades de Bruselas asignan para la pesca de especies como el boquerón, la merluza o el jurel, por no hablar de las duras restricciones (y el incierto futuro) que padece la sardina, fueron muchas, demasiadas quizá, las voces que en nuestro país reclamaron una cierta relajación en estos controles administrativos, un aumento de los cupos (desoyendo el criterio de los científicos y también de aquellos colectivos que, desde la sensatez, defienden un aprovechamiento sostenible de los recursos pesqueros) o la compra-venta de derechos de pesca entre regiones y países.

Y al mismo tiempo que se producen estos debates, cuyo trasfondo es la sobreexplotación de un recurso natural limitado, la acuicultura no deja de crecer como alternativa para la producción de numerosas especies destinadas

al consumo humano. De hecho, las cifras de la pesca extractiva se estabilizaron, a escala planetaria, a finales de la década de los 80, mientras que la acuicultura no ha dejado de crecer hasta el punto, como señala la FAO, que en 2014 ya consiguió convertirse en la primera fuente de suministro de pescado para consumo humano. Si en 1974 la acuicultura sólo proporcionaba el 7 % del pescado que llegaba a nuestras mesas, treinta años después este porcentaje se había disparado hasta el 39 % y todo indica que seguirá creciendo. Cada vez, por tanto y en lo que se refiere a la obtención de este tipo de alimentos, somos menos cazadores y más granjeros. La revolución neolítica se está resistiendo, unos cuantos miles de años, en esta actividad, pero parece que, al igual que ocurrió con la ganadería, terminará por imponerse conviviendo, eso sí, con unos sistemas de pesca extractiva mucho más razonables y sostenibles.

En cualquier caso, hablemos de pesca extractiva o de acuicultura, el conocimiento que se deriva de la actividad científica, así como la investigación aplicada que busca



Manuel Yúfera, durante el debate. / Foto: Casa de la Ciencia-CSIC.

mejorar cualquier actividad productiva, resultan elementos decisivos ya sea para ordenar el uso del recurso en su medio natural o para desarrollar su cultivo de manera artificial. Este convencimiento, que aunque parezca obvio no siempre se tiene en cuenta, fue sobre el que construimos este diálogo, en la Casa de la Ciencia de Sevilla, con algunos de los especialistas que en Andalucía trabajan en este campo.

Decisiones robustas y fiables

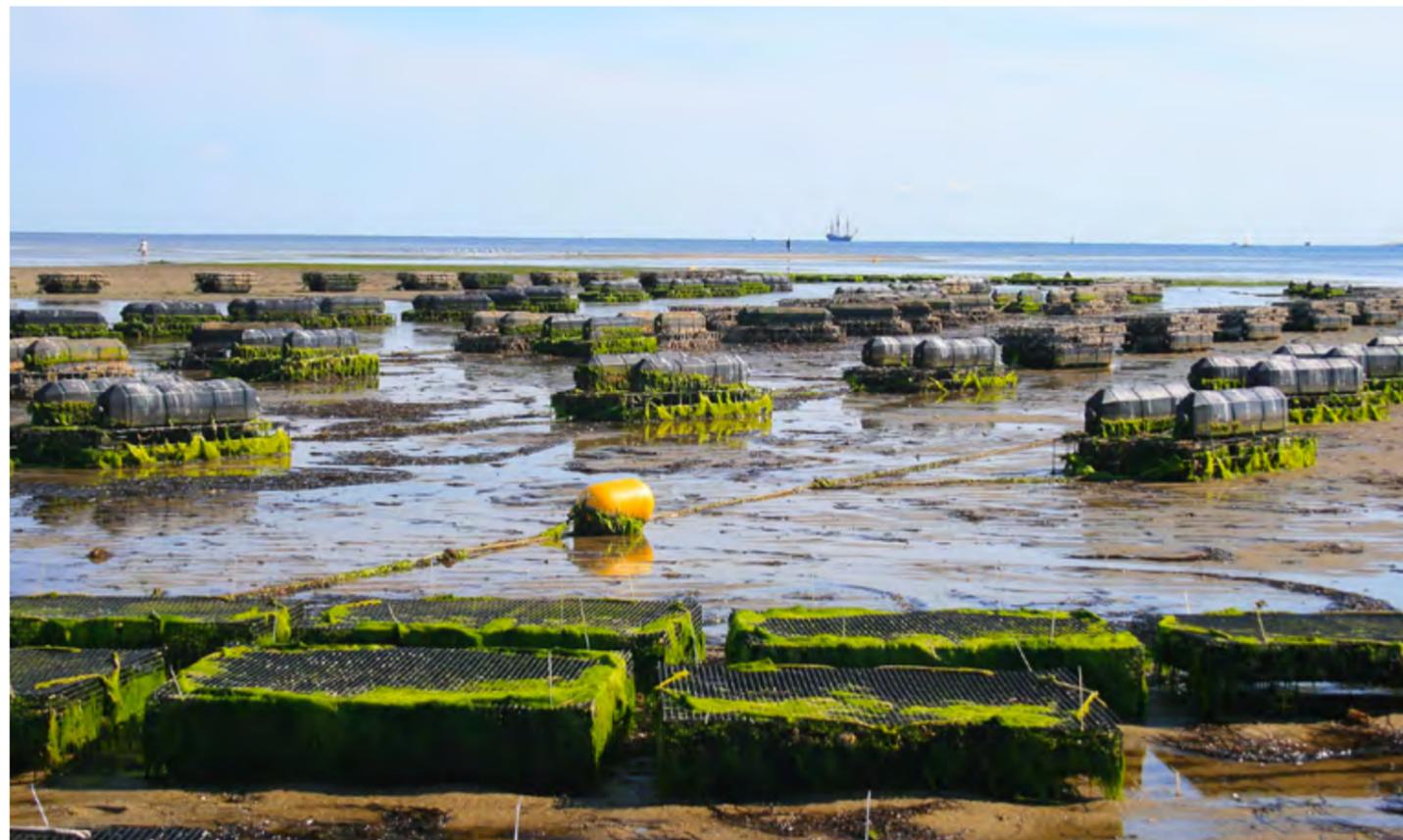
Si hablamos de gestión de recursos pesqueros, explica Luis Silva, investigador del Instituto Español de Oceanografía (IEO, Centro Oceanográfico de Cádiz), hablamos necesariamente “de un conjunto de normas y medidas técnicas que deben aplicarse para alcanzar una explotación ordenada y sostenible, teniendo en cuenta que los recursos marinos vivos son autorenovables y no son inagotables, y que cualquier acción en esta actividad se encuadra en un marco europeo en el que se ha dictado, para todos los países miembros de la Unión, una política común de obligado cumplimiento”. Esa política, de alcance continental, busca obtener, en todas las pesquerías, el denominado “rendimiento máximo sostenible”, un objetivo muy complejo que requiere de planes de gestión por especies y a diferentes plazos, con un enfoque “necesariamente ecosistémico” en el que ya no vale con un conocimiento simple de las especies en cuestión sino que requiere “de un análisis fiable de las condiciones oceanográficas, las variables ambientales o la relación con los predadores”. En definitiva, destaca Silva, “la política pesquera común se sostiene en el conocimiento científico y en la recopilación rigurosa de datos, algo que precisa de atención y de inversión, porque es la única manera de garantizar que las decisiones van a ser robustas y fiables”.

El equilibrio entre los argumentos científicos y las decisiones políticas, en un escenario productivo en el que pesan, como es lógico, los intereses del sector pesquero y su repercusión en la economía y el empleo, no siempre se alcanza en términos aceptables. José Carlos García-Gómez, catedrático de Biología Marina de la Universidad de Sevilla, recuerda cuando, hace unos veinte años, la Administración lanzaba sus campañas contra la comercialización de pezqueñines y, al mismo tiempo, “permitía la pesca de atún rojo hasta un peso mínimo de 6,5 kilos, cuando se sabía, y así se le había comunicado a las autoridades pesqueras, que la especie no alcanza la madurez sexual por debajo de los 30 kilos”. Todo esto, puntualiza García-Gómez, “ha cambiado a mejor, y, aunque tengamos que soportar cierta presión, se nos escucha, si bien, siendo autocríticos, habría que admitir que a veces el científico pone los datos encima de



De izquierda a derecha, Manuel Yúfera, María Luisa Cordero y Luis Silva durante el debate. /Foto: Casa de la Ciencia-CSIC.

Criadero de ostras.



la mesa, sin más, y se echa en falta un mayor compromiso, de manera que deberíamos poner en valor esa información rigurosa también en otros foros, compartiendo así nuestras inquietudes con la ciudadanía, apoyándonos, por ejemplo, en los medios de comunicación”.

La ciencia no sólo debe, en estas circunstancias, buscar la complicidad de los ciudadanos sino que necesita el respaldo del sector pesquero, un respaldo que sólo se obtiene con el convencimiento de que las medidas que se apoyan en un conocimiento riguroso son las únicas que garantizan el futuro de la actividad. El caso de la chirla en los caladeros del golfo de Cádiz, que Luis Silva conoce bien, es un magnífico ejemplo en este sentido. “La talla mínima de captura”, explica el investigador del IEO, “está en 25 mm y, sin embargo, la talla que nos indica que se ha alcanzado la madurez sexual es inferior, lo que ha permitido que el recurso no se agote. Pero, ¿qué ocurre? Que a la vista de estas cifras el sector presiona para que se reduzca la talla mínima, porque interpreta que hay margen, y frente a esa idea nosotros ponemos más datos sobre la mesa: un estudio de fecundidad de la especie, tedioso pero muy fiable, nos dice que si bajamos sólo un milímetro, de 25 a 24, la fecundidad de la chirla disminuye nada menos que un 32%. Este es el mejor argumento para el sector, esta es la mejor estrategia para tenerlos de aliados”.

“¿Realmente somos capaces de convencer a ciudadanos, políticos, pescadores... de que este tipo de decisiones están por encima de los intereses particulares? Esa es la clave”, reflexiona en voz alta Manuel Yúfera, investigador del Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (ICMAN, CSIC), y añade: “A la hora de trasladar a unos y a otros la bondad de un hallazgo científico tenemos que ser capaces de convencerlos, y eso por un lado exige una buena comunicación y por otro datos que sean fiables, y todos sabemos que la ciencia con frecuencia es inexacta y ningún político toma una decisión si no le ofreces certezas, así es que ese grado de incertidumbre, que a veces es connatural a la actividad científica y otras es consecuencia de un trabajo que se ha hecho con poco apoyo y financiación, esa incertidumbre también hay que compartirla y entenderla”.

“Incluso cuando los datos no son concluyentes”, explica María Luisa Cordero, directora del Centro IFAPA ‘Agua del Pino’, “el conocimiento científico sí que indica una tendencia a la que debemos prestar atención, y por eso, y a pesar de las presiones del sector, el político está obligado a tener en cuenta las tendencias y actuar en consecuencia”. Algo que facilitaría ese equilibrio entre intereses contrapuestos sería, a juicio de Cordero, “mejorar la formación de todas aquellas

personas que están explotando un recurso natural que no es inagotable, de manera que sepan por qué se dictan determinadas normas, por qué se establecen determinadas limitaciones o regulaciones, qué beneficios se obtienen de esas medidas, que a veces se juzgan como caprichosas, y a partir de ahí, además, hacerlos partícipes de la gestión, y, por supuesto, ser estrictos en el cumplimiento de las disposiciones". No tiene sentido, concluye, "que los que tendrían que tener más claro el concepto de sostenibilidad, que son los propios pescadores, no tengan perspectivas de futuro en lo que se refiere a su propio trabajo, que un día se reúnan para admitir las evidencias científicas y acordar cupos para algunas especies y al día siguiente entren en una espiral de incumplimientos que conduce, sin remedio, al agotamiento de los caladeros".

Educando a los consumidores

La educación, la formación en torno a la pesca basada en evidencias científicas, hay que extenderla a los consumidores, reclama Manuel Yúfera, porque "todos sabemos cómo durante muchos años, y aún ocurre, se retiraban las etiquetas del pescado producido en acuicultura para hacerlo pasar por pesca extractiva, porque tanto el pescadero como el cliente pensaban que era de calidad inferior,

cuando son alimentos de primerísima calidad y de salubridad garantizada, dos elementos que se han conseguido gracias a un notable esfuerzo de investigación".

A veces esta información, la que aporta evidencias científicas para explicar la bondad de una decisión o el peligro de una práctica, no es compleja y se comparte con cierta fluidez, pero también es cierto que hay un enorme volumen de conocimientos que no salen de los círculos científicos y que serían muy valiosos para crear conciencia y razonar las decisiones. "La gente sólo tiene claro", detalla M^a Luisa, "que no se pueden consumir inmaduros, pero no sabe que en el caso de algunas especies el razonamiento puede ser el contrario, lo valioso puede ser conservar los ejemplares más grandes, por su potencial reproductor o porque una proporción ajustada de sexos sólo se obtiene manteniendo ejemplares de un cierto tamaño al ser una especie hermafrodita, como ocurre con el voraz o con el mero". Dicho de otra manera, puntualiza, "no se trata de que los ciudadanos conozcan y cumplan la normativa sino que debemos aspirar a que entiendan el sentido científico de cada decisión porque es mucho más efectivo el conocimiento que la obediencia a una norma".

Participantes y asistentes durante un momento al comienzo del Diálogos. / Foto: Casa de la Ciencia-CSIC.



José Carlos García-Gómez corrobora la pertinencia de estos ejemplos. "Al margen de que estudiemos una pesquería para saber qué cantidad puedo capturar", explica, "es fundamental saber qué estoy capturando, porque hay especies hermafroditas, como el voraz, que primero es macho y luego hembra, o el mero, en donde ocurre lo contrario, y ese cambio se produce a partir de un cierto tamaño, de manera que si no evitamos la pesca de ejemplares grandes puede que nos encontremos con una desproporción de sexos que afecte al futuro de esa pesquería". Abundando en este fenómeno Yúfera insiste en que "puede darse la paradoja de que la pesca de un kilo de pezqueñines sea menos dañina que la pesca de un kilo de adultos, y esta paradoja puede confundir al gestor". En cualquier caso, advierte, "hay que mantener siempre el criterio de no pescar inmaduros porque si lo permites entonces van a pescar todo, los inmaduros y los adultos, y es cuando el problema se vuelve irresoluble".

"Toda esa información tan valiosa, en un formato que no sea el de las publicaciones científicas reservadas a expertos, debe ponerse a disposición de los ciudadanos, y aquí resulta decisiva la divulgación, el esfuerzo por trasladar a un lenguaje cotidiano pero riguroso conocimientos que nos ayudan a entender que ciertas decisiones son buenas para todos", insiste María Luisa Cordero. "Ese matiz es muy importante", añade José Carlos García-Gómez, "insistir en que lo que decimos es bueno para todos, empezando por el propio pescador, aunque no lo sea a corto plazo".

Investigación fiable y a largo plazo

Todos vuelven, en este punto, a reclamar programas de investigación estables, bien financiados y con la continuidad suficiente como para que adquieran valor y fiabilidad. Para gestionar con criterio nuestras pesquerías, destacan, son decisivas las series temporales que cubran, sin interrupción, periodos lo suficientemente amplios. Al igual que es indispensable, razona Silva, "que el pescador no caiga en la tentación de falsear datos de capturas porque luego, cuando se dispone de información científica y en base a ella se decide, por ejemplo, repartir cupos, se hará en función de la pesca declarada y ahí empiezan los problemas".

La falta de estadísticas fiables es un problema que va más allá de la simple picaresca, ya que puede afectar significativamente a datos oficiales, como explica Manuel Yúfera: "Hasta hace bien poco los informes anuales de la FAO incluían estadísticas con y sin China, país que representa una parte importante de la producción global, porque no

se sabía a ciencia cierta qué ocurría en el gigante asiático y no se conocía el nivel de fiabilidad de sus datos oficiales".

El mantra de preservar en lugar de agotar se aplica a numerosos recursos naturales pero en el caso de la pesca es más que evidente su efectividad. Si queremos aumentar la productividad de este sector la fórmula no es sobreexplotar los caladeros sino protegerlos para que puedan regenerarse, porque, y en esto coinciden todos los expertos, la capacidad de recuperación que tiene el medio marino es sorprendente cuando se respetan sus límites. "Exceptuando situaciones catastróficas excepcionales, como puede ser una marea negra, el medio marino nos da muestras de su productividad en cualquier escenario. Nosotros hemos analizado, en zonas de salinas, el

Manuel Yúfera: "Hay que mantener siempre el criterio de no pescar inmaduros porque si lo permites entonces van a pescar todo, los inmaduros y los adultos, y es cuando el problema se vuelve irresoluble".

comportamiento de estanques que llevaban funcionando apenas un año y en ese plazo habían conseguido alcanzar la misma productividad que un estero que llevaba en explotación un siglo, porque la fauna bentónica, que es el soporte de las especies que se van a pescar, alcanzaba en ambos casos la misma disponibilidad".

Recuperando las pesquerías

"Hay pesquerías que se agotan", admite María Luisa Cordero, "y se deja de pescar porque ya no hay recursos, o son tan pocos que no resulta rentable. En Huelva podemos citar el caso de la almeja chocha que se pescaba en cantidades importantes, se dejó de extraer porque el caladero ya no daba para más y entonces comenzó a recuperarse, de manera natural, hasta que volvió de nuevo a pescarse". No siempre, sin embargo, le damos esta oportunidad a la naturaleza, como añade Manuel Yúfera, citando el caso del esturión "que desapareció de las aguas del Guadalquivir y cuya recuperación se juzga imposible a no ser que el río recupere las condiciones que tenía en los años 50".

La recuperación de ciertas especies, sometidas a sobrepesca, va a depender de muchos factores, elementos sobre los que también pone luz la ciencia y que, al margen de

trasladarse a los gestores, deberían ser de conocimiento público, como los participantes en este diálogo no dejan de defender. “Cada especie”, señala Luis Silva, “tiene unas características y, por eso, no es lo mismo ocuparse de un animal de vida corta y crecimiento rápido que otro de vida más larga y crecimiento lento. El caso del pulpo, por ejemplo, es muy llamativo porque vive sólo año y medio, algo que desconocen muchos ciudadanos, y en su única puesta se llegan a contabilizar hasta medio millón de huevos que la hembra no abandona sino que los cuida; este patrón biológico hace que un año se pesquen 3.000 toneladas y al año siguiente las capturas en la pesquería se desplomen”. ¿Cuál es el motivo de este fenómeno? “Pues que este ani-

que ya hemos conseguido documentar revisando publicaciones científicas del periodo 2014-17 y que es el desplazamiento en masa de bancos de peces. Nuestras sardinas se están desplazando hacia el norte y no sabemos muy bien el motivo, y por eso hay que multiplicar la investigación, para aclarar si se trata de una consecuencia del calentamiento global, si la culpa es de la sobrepesca o, incluso, si también contribuye a ello un aumento en el número de atunes rojos desde que la especie, que estaba totalmente sobreexplotada, comenzó a recuperarse durante la última década. En este último caso hablamos de grandes predadores y de las liberaciones que se han llevado a cabo durante los últimos años en las almadrabas andaluzas -más de 20.000 ejemplares en 2017- al rebasar estas el cupo de capturas permitido”.



Pesca de atún.

mal, como muchos otros”, precisa Silva, “es muy sensible a ciertas condiciones ambientales, y, por citar un factor curioso, después de periodos donde las lluvias hayan sido considerables prácticamente desaparece porque las larvas no encuentran el alimento específico que necesitan. Dicho de otra manera: como el pulpo vive sólo unos 18 meses lo que nace este año, y sobrevive, es lo que vas a pescar el año que viene”.

La inquietud que produce en pescadores y consumidores estos altibajos, de los que no siempre conocen el motivo, se puede mitigar con ese esfuerzo de divulgación que reclama M^a Luisa y que, quizá, habría que concentrar ahora en un pescado tan popular como la sardina, cuyas pesquerías, que compartimos con nuestros vecinos portugueses, se están viendo seriamente amenazadas. En este caso, lamenta José Carlos, “estamos asistiendo a un fenómeno alarmante

la cosa mejore al año siguiente y, claro, si van desapareciendo, debido a una elevada mortalidad por pesca, los ejemplares de mayor tamaño, los que ponen mayor cantidad de huevos, los que garantizan una renovación sostenible del recurso, pues el caladero puede desplomarse de buenas a primeras”. Todo está conectado con todo y por eso el conocimiento preciso de todos los elementos que intervienen en la ecuación, y de las relaciones que mantienen entre ellos, es la única fórmula que puede servirnos para evitar el desastre.

En los casos, que los hay, en que pescadores y científicos van de la mano, admiten María Luisa y José Carlos, “la gestión va de maravilla porque el conocimiento es la mejor herramienta para manejar un recurso tan sensible”. Así ha ocurrido, por ejemplo, con algunas de las reservas pesqueras que inicialmente eran vistas con recelo por parte

EL ATÚN COMO MODELO: MITOS, CONOCIMIENTO Y GESTIÓN

Aunque la intensidad con la que hoy se agotan nuestros caladeros sólo cabe atribuirlos al impacto de una flota muy tecnificada y a una más que evidente sobrepesca, los humanos siempre hemos manifestado cierta inquietud cuando, sin motivo aparente, disminuían las capturas de peces, crustáceos, moluscos o cefalópodos. El fenómeno no es exclusivo de esta época de consumo insensato. El problema viene de antiguo y hunde sus raíces en un escaso conocimiento científico sobre la dinámica de las poblaciones animales y la ecología marina.

Un buen ejemplo de esta preocupación ancestral, combinada con una dosis notable de ignorancia, lo encontramos en la pesca de atunes en las almadrabas del Golfo de Cádiz. La disminución de capturas que nos inquietó hace pocos años, hasta temer por la propia supervivencia de esta pesquería, y que estaba directamente relacionada con una presión excesiva sobre la especie, aparece ya documentada en un escrito de Fray Martín Sarmiento fechado en el siglo XVIII. El religioso, a petición del Duque de Medina Sidonia, investigó las causas de la decadencia de las almadrabas, aportando conclusiones tan actuales como que “el modo de pescar mucho es el peor modo de pescar y de apurar la pesca”, o que “faltan los pescados en el mar porque se desprecian las leyes de la

veda que se pusieron justamente en favor de la cría”.

Pese a la larga historia de la pesca del atún, y el sofisticado arte con el que se le trampea, hace tres siglos se mantenían ideas tan singulares como que estos peces se alimentaban, entre otras cosas, de bellotas: “Los atunes, según Atheneo, son unos puercos marinos que comiendo dichas bellotas engordan

José Carlos García: “En 2020 se estima que podría alcanzarse el rendimiento máximo sostenible”.

muchísimo (...), y que, cuando el año es abundante en bellotas, lo será también en atunes”.

Igualmente, en lo que se refiere a las rutas migratorias de este animal por el Estrecho (entra en el Mediterráneo en la primavera –atún de derecho– y sale al Atlántico en el verano –atún de revés–), se recurría al argumento de que estos peces ven mal con el ojo izquierdo por lo que se desplazan cerca de la costa africana al entrar al Mediterráneo. Como solución, Fray Martín Sarmiento propone cristianizar el litoral africano y así “faltaría el temor [a los moros], se cruzaría la entrada del golfo por el estrecho, se procuraría espantar los atunes de aquel lado y cargarían al lado de las almadrabas”.

El conocimiento sobre la especie no ha dejado de crecer y por eso el peligro del que nos advirtieron los especialistas hace unos años, cuando parecía inevitable el agotamiento de este recurso, se tomó en consideración. Por una vez la voz de la ciencia se escuchó en los foros en los que debía decidirse la presión pesquera sobre la especie, y de esta manera la **ICATT (Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico)** dictó unas normas estrictas que se materializaron en cupos innegociables y muy controlados. “Se acertó sin ningún género de dudas”, defiende José Carlos García-Gómez, “porque en 2004 esa pesquería, la del atún rojo, estaba al borde del colapso comercial, y en 2006 se consideró que la extinción comercial podría llegar a ser inevitable, de manera que los cupos, que ya en 2012 colocaron a las almadrabas al borde de la quiebra, terminaron por salvar a la especie, a la pesquería y a las empresas que la explotan. Todos los años se están liberando miles de atunes y la especie sigue creciendo a buen ritmo, de manera que en 2020 se estima que podría alcanzarse el rendimiento máximo sostenible”. La fórmula, es definitiva, “es impecable, aunque precise de ciertos ajustes para lograr el lógico equilibrio entre las demandas del sector y las recomendaciones de los científicos; una fórmula que ojalá se aplicara a todas las especies de interés comercial”.

de los pescadores, a los que algunos especialistas, como ocurrió con la reserva pionera de Tabarca (Alicante), llegaron a asegurarles que si las capturas no se incrementaban a medio plazo se comprometían a eliminar esas zonas vedadas. “Las reservas”, explica José Carlos, “protegen el propio medio marino, sirven de refugio a los reproductores y a los inmaduros, permiten que algunos ejemplares de especies valiosas, como el mero, alcancen tamaños en los que su fecundidad crece en muchos órdenes de magnitud, e, incluso, se convierten en un recurso para el turismo subacuático nada despreciable”. Y en poco tiempo, que es lo que reclaman los pescadores, “las capturas comienzan a crecer en todo el entorno de la reserva”.

Aunque el valor de las reservas (“un motor de vida” las llama Yúfera) es superior, con un coste más reducido, al de las repoblaciones, estas son una herramienta útil en algunos casos, herramienta en la que, además, aprecia María Luisa Cordero, “se pone en valor la cooperación entre la acuicultura y la pesca extractiva”. También sería importante, y podría servir para potenciar este vínculo entre dos colectivos llamados a entenderse, la restauración de ecosistemas costeros (estuarios, marismas, esteros...) donde conviven la pesca artesanal y la acuicultura, y esta última, además, convertida, como está ocurriendo con algunas explotaciones del entorno de Doñana (Veta la Palma), en una actividad que no sólo es rentable y sostenible sino que, también, presta valiosos servicios al medio ambiente retirando, por ejemplo, importantes cantidades de nitrógeno de las aguas del estuario del Guadalquivir.

Acuicultura de vanguardia

La acuicultura de vanguardia ya ha alcanzado ese punto de excelencia en el que aporta numerosos beneficios, empezando por el más evidente: poner en el mercado pescado del día con una calidad excelente y una salubridad certificada. “Está abocada al éxito”, asegura José Carlos García-Gómez, “porque es una actividad técnica y metodológicamente muy controlada, el menos en Europa, en la que se concentra mucha actividad científica, de manera que pueden producirse fracasos o retrasos a la hora de conseguir cultivar una determinada especie o aumentar la productividad de otra, pero como todo se puede evaluar, como las especies están en un medio controlado, es sólo cuestión de tiempo, inversión y excelencia”.

“Aumenta la población y aumenta la demanda de pescado, y si hemos sido capaces en estos años de atender este doble crecimiento ha sido gracias a la acuicultura

en la que tenemos que seguir concentrando esfuerzos”, advierte María Luisa Cordero. “Y todas estas virtudes”, añade Manuel Yúfera, “sin perder de vista la rentabilidad y el respeto al medio ambiente”.

El Centro IFAPA ‘Agua del Pino’ es un buen ejemplo de la evolución que ha ido experimentado la acuicultura andaluza y, sobre todo, la manera en que la ciencia se ha ido adaptando a las demandas del propio sector. “Comienza-



José María Montero, en un momento del Diálogos. / Foto: Casa de la Ciencia-CSIC.

mos”, recuerda María Luisa, “trabajando en la tecnología necesaria para conseguir el cultivo de peces, mariscos y crustáceos, y con el paso de los años nos hemos ido especializando en el estudio de la fisiología de estas especies, en el conocimiento, prevención y tratamiento de las enfermedades que les afectan y en la aplicación de todas las normas que buscan el bienestar animal”.

Más allá de la mirada regional, que nos habla de una actividad en crecimiento sostenido, con algunos proble-

mas para buscar su espacio en zonas ya ocupadas por otras actividades (equipamientos turísticos, áreas protegidas, puertos o terrenos militares) y muy vinculada al conocimiento que se genera en instituciones como el IFAPA o el ICMAN, el futuro de la acuicultura sólo se puede interpretar lanzando una mirada necesariamente planetaria, global. “Cuando uno sobrevuela el litoral de muchos países asiáticos”, advierte Manuel Yúfera, “se queda sorprendido viendo el número de pequeñas

jaulas que salpican la costa, explotaciones familiares de acuicultura marina que han desarrollado los propios pescadores con el auxilio de la comunidad científica y que surten de buen pescado a los mercados locales”. Pero es que, al mismo tiempo, añade el investigador del ICMAN, “existe una acuicultura de alta tecnología orientada a los consumidores japoneses y coreanos, de manera que visto este potencial no hay más remedio que preguntarse qué ocurrirá en Europa cuando desde esas latitudes comiencen a llegar productos de alta calidad

y precio competitivo, porque ya vimos lo que pasó con el panga que aún siendo un pescado de baja calidad fue capaz de hacerse con una importantísima cuota de mercado”.

Frente a esta amenaza una buena estrategia de defensa, sostiene la directora del Centro IFAPA ‘Agua del Pino’, es “distinguir nuestros productos con marcas de calidad certificada como se podría hacer en Huelva donde los pescadores no quieren usar jaulas ni ningún otro sistema que no sea el de esteros tradicionales, pero al mismo tiempo hay que educar a los consumidores a propósito del origen y la calidad de los productos porque se le ponen reparos a una dorada, excelente, de acuicultura pero casi nadie se inquieta porque a los niños en el comedor escolar les den panga o pocos rechazan el salmón aún siendo cultivado”.

También habrá que seguir mejorando la sostenibilidad de las explotaciones, cada vez menos dependientes de la pesca extractiva (de la que se obtiene el pienso necesario para las especies cultivadas) pero necesitadas de recursos alimenticios que no pueden ser, por más que algunos se empeñen en ello, estrictamente vegetarianos ya que se altera el sabor de las especies. Si la acuicultura sigue creciendo, y la producción de pienso es limitada, no habrá más remedio que explorar nuevos recursos, como los organismos que están en los escalones más bajos de la cadena trófica, o lanzarse al polémico ruedo de los transgénicos, porque, como indica Yúfera, “ya existen experiencias con las que se logra la obtención de aceites marinos en plantas terrestres a las que se han añadido genes procedentes del fitoplancton”. La ciencia, pues, resulta de nuevo decisiva para salir del atolladero.

El escenario que se dibuja a medio plazo es tan incierto como estimulante. Las pesquerías tradicionales podrían sobrevivir si somos capaces de aplicar sistemas de gestión fundados en un conocimiento científico riguroso que permita alcanzar el rendimiento máximo sostenible, y si esas decisiones cuentan con el respaldo del sector y el compromiso de la clase política. Al mismo tiempo, la acuicultura es, sin duda, la gran despensa del futuro, pero también necesita un mayor esfuerzo en investigación aplicada que resuelva problemas de alimentación, reproducción y productividad de algunas especies, tratamiento de enfermedades, consumo de agua y, como es lógico, modelo de negocio, porque habrá que mantener la rentabilidad frente a todos estos requerimientos y a la propia globalización de las producciones.



La catedrática de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla Laura María Roa Romero. / Imagen: Universidad de Sevilla.

LAURA MARÍA ROA ROMERO, EL INGENIO DE CONSTRUIR SISTEMAS PARA MANTENER LA 'MÁQUINA' DEL CUERPO HUMANO

Fuente: María Ruiz

Asesoría Científica: Laura María Roa Romero

El entusiasmo por aprender el funcionamiento del cuerpo humano como máquina ha labrado la carrera internacional de la catedrática de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla Laura María Roa Romero, una pionera empeñada en diseñar dispositivos y sistemas biomédicos. Doctora en Ciencias Físicas por la Universidad de Sevilla, esta apasionada de la docencia, la música y el fútbol lidera cuatro líneas de investigación encaminadas a mejorar la calidad de vida de la ciudadanía.

La medicina está plagada de tecnología, de software y hardware que facilitan la capacidad diagnóstica de los profesionales sanitarios, pero también de avances que han convertido en cotidiano el seguimiento de determinadas variables del cuerpo humano durante 24 horas, la eterna batalla contra el paso del tiempo o el acceso a una historia clínica digital y compartida. Detrás de esa tecnología figura la Ingeniería Biomédica, una disciplina imprescindible de la ciencia en la sociedad del conocimiento.

Los modelos computacionales para sistemas fisiológicos complejos, la e-salud o el diseño de tecnologías inclusivas para pacientes crónicos han dejado de ser ciencia ficción para convertirse en pura ciencia. Esta rama de la ingeniería, a veces invisible, debe parte de su protagonismo a las aportaciones de investigadores como la tarifeña Laura María Roa Romero, doctora en Ciencias Físicas por la [Universidad de Sevilla](#) (1980).

Tras finalizar sus estudios en Algeciras y Ceuta, Roa Romero decidió que lo que quería era comprender cómo funciona el cuerpo humano para desarrollar desde ese conocimiento dispositivos que ayudaran al diagnóstico, la terapia y la gestión sanitaria.

Cerca de cuatro décadas de esfuerzo y trabajo constantes han convertido a esta investigadora, divulgadora nata y apasionada de la lectura, el fútbol, la música y el placer de pasear, en un referente internacional en su campo. Fue una de las responsables de sentar las bases de la Ingeniería Biomédica en España, la rama encargada de aplicar las técnicas y los principios de la ciencia y la ingeniería al campo de la biomedicina. "Pero no somos médicos frustrados", aclara Roa.

Pionera en ingeniería biomédica

Sus empeños por aplicar los principios de la ingeniería a las ciencias de la vida chocaron inicialmente con la falta de especialización en España, por lo que esta sevillana de adopción contactó con universidades de otros países, especialmente de Estados Unidos, y tomó el pulso a los avances de otros investigadores con mucho estudio y la participación en congresos internacionales. El reconocimiento de la Ingeniería Biomédica "no ha sido fácil porque en España no había nada, más bien rechazo. Tenías que pelear para defender que también esto era una rama de la Ingeniería", recuerda la catedrática. Su pasión por este campo le permitió avanzar en una tarea que, reconoce, no fue sencilla y en la que creció con mucho de autodidacta y el apoyo de personas de prestigio internacional. "Hemos logrado que ahora sea al revés, que la ingeniería biomédica viva una especie de 'boom' por el que corre el peligro de devaluarse", apunta.

Roa Romero ha sido la responsable del [Grupo de Ingeniería Biomédica de la Universidad de Sevilla \(GIB\)](#) desde su fundación en 1986, grupo que forma parte del [Centro de Investigación Biomédica en Red en Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina \(CIBER-BBN\)](#) como reconocimiento a su actividad científica. Como líder, investigadora y docente, cree que en un mundo global con una economía basada en el conocimiento, la formación en ciencia y tecnología resulta fundamental, así como la inversión en investigación, desarrollo e innovación, que interpreta como las herramientas correctas para fortalecer una industria competitiva y la creación de empleo.

Su actividad investigadora ha tenido como recompensa una larga lista de reconocimientos, como fellow del [IEEE](#), del [American Institute for Medical and Biological Engineering \(AIMBE\)](#), de la [International Academy for Medical and Biological Engineering Sciences \(IAMBES\)](#) y de la [European Alliance for Medical and Biological Engineering & Science \(EAMBES\)](#) o honorary life member de la [International Fe-](#)



Lara María Roa recibe el Premio Fama de la Universidad de Sevilla.

deration for Medical and Biological Engineering (IFMBE). Roa Romero es además académica correspondiente de la [Real Academia de Medicina y Cirugía de Sevilla](#), ha sido presidenta de la [Sociedad Española de Ingeniería Biomédica \(SEIB\)](#), miembro del Committee of Fellows de IEEE-EMBS en el periodo 2008-2009, y miembro del Committee of Fellows de IEEE entre 2010 y 2012. Actualmente es miembro del IEEE Awards Board.

Apuesta por sacar provecho al talento y reconoce que como investigadora, y especialmente en su campo, no hay un día igual a otro. “Hay que estudiar, y no solo libros, hay que mirar todo lo que se publica para estar al día, para buscar ideas y aportar un granito de arena”. En ese empeño, esta catedrática dirige las investigaciones en cuatro campos dedicados a diseñar dispositivos inteligentes para diagnóstico y terapia, integración de sistemas de información sanitarios heterogéneos y distribuidos, modelado y simulación de biosistemas a múltiples escalas de conocimiento, y bioelectromagnetismo.

Sus investigaciones han abarcado diferentes áreas en el ámbito de la Ingeniería Biomédica, desde el desarrollo de modelos computacionales para sistemas fisiológicos complejos hasta el diseño de algoritmos inteligentes para aplicaciones clínicas o de terapias para pacientes renales y quemados mediante la utilización de técnicas de control óptimo. Junto a su equipo, ha desarrollado sistemas de e-salud interoperables e inclusivos y ha materializado dispositivos inteligentes para la sensorización de determinadas variables de uso clínico o diagnóstico.

Cree que cada persona será en un futuro muy cercano un nodo de información que supervisará su propio estado de salud, y que tendrá que interconectarse con la propia historia clínica electrónica y otras fuentes de información que le permitan una participación activa en el proceso del cuidado de la salud para mejorar su calidad de vida.

“Es un trabajo muy creativo y se hace en equipo, la investigación ya no es como en tiempos de Ramón y Cajal, cuando dependía de la genialidad de una persona. Hoy

en día hay que diseñar, construir o pensar en equipo, buscar una idea que ayude y materializarla”. Así resume esta catedrática la esencia de la investigación.

Cuestión de género

Laura M. Roa asegura que en el ámbito universitario “existe discriminación, no en el sueldo, pero sí en el resto. Siempre piensan que trabajas para un hombre”, explica. Pese a estas cuestiones de género, Roa Romero ha logrado ser referente y líder “sin renunciar a ser mujer”. “Lo haces de otra manera, porque quiero ser yo y sentirme orgullosa de ser mujer”, defiende. Considera que su género no favoreció su carrera, aunque también que tuvo al compañero adecuado, el que supo entenderla y respetarla como científica y como mujer.

Cuando comparte charlas con jóvenes, pide a las chicas que no renuncien a nada porque no existe ninguna razón fisiológica que impida a una mujer ser lo que quiera. “Tienen que ser lo que ellas quieran; hay que pelearlo, apostar por lo que te gusta. Si te cuesta más, también te dará una mayor satisfacción”, resume convencida de que “cuantas más seamos, más fuertes”.

Autora de más de 350 aportaciones científicas entre libros, patentes, artículos y ponencias, esta catedrática mantiene

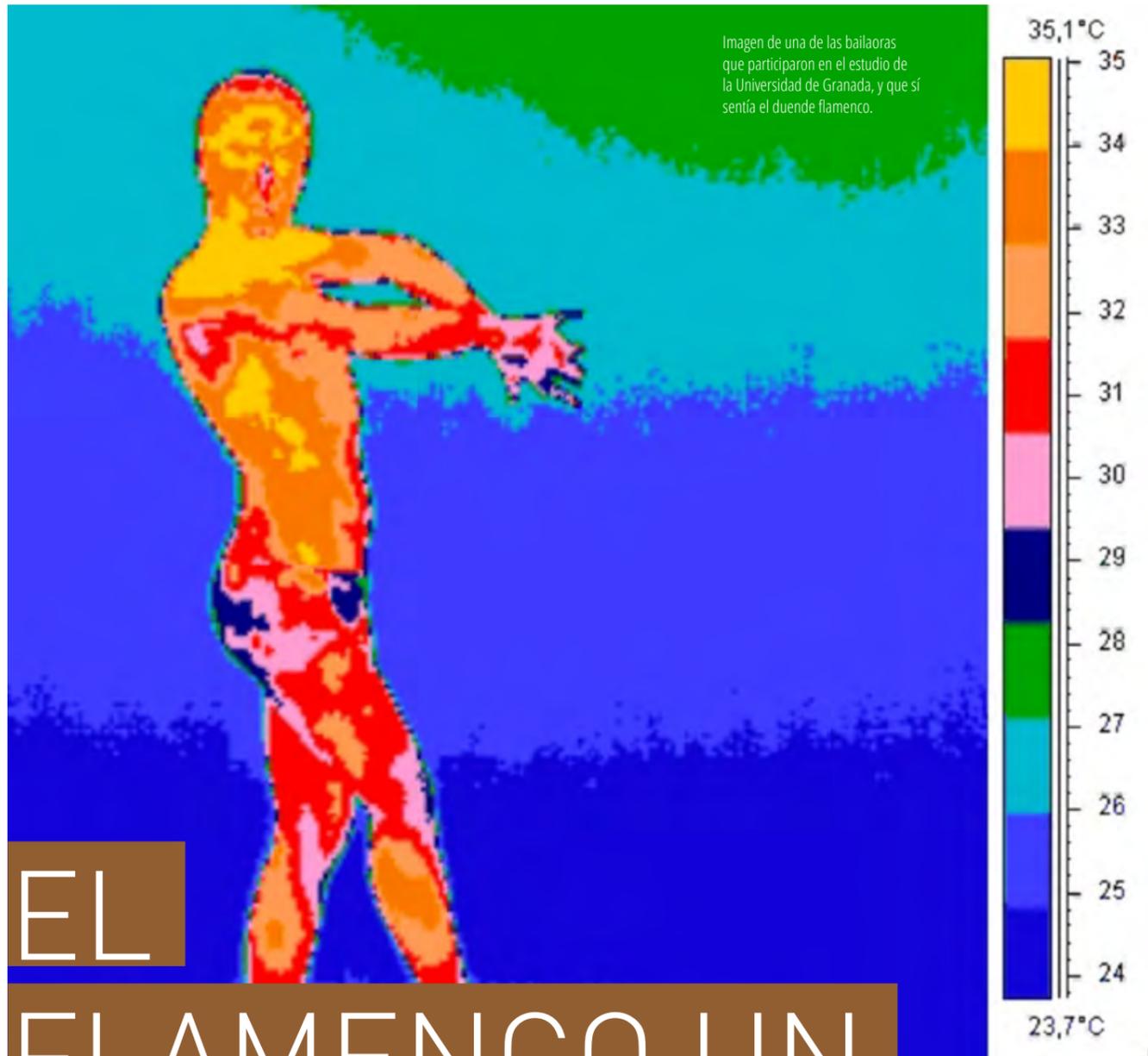
su labor formativa mediante la dirección de tesis doctorales y ha sido responsable de numerosos proyectos de investigación de financiación pública y privada. En este sentido, ha investigado con el Grupo de Ingeniería Biomédica de la Universidad de Sevilla el paradigma de la e-salud para proponer sistemas inteligentes que permitan un control supervisado y personalizado del cuidado de la salud. Busca hacerlo con sensores que midan la actividad física, el gasto metabólico o la composición corporal, entre otros, consciente de que cuanto más información, más fácil será el abordaje médico de cualquier dolencia.

Roa Romero ha convertido además en patentes los avances de su grupo en su apuesta decidida por convertir la investigación y sus frutos en herramientas que mejoren la actuación médica y repercutan en beneficio de la ciudadanía.

Y es profeta en su tierra, porque recibió “muy orgullosa” la Medalla de Oro del Ayuntamiento de Sevilla en reconocimiento a su trayectoria profesional e investigadora, y el Premio FAMA-Universidad de Sevilla a la Trayectoria Investigadora en la Rama de Ingeniería y Arquitectura, concedido por la Universidad de Sevilla. Casi cuatro décadas después de trazar el camino de una especialización ya imprescindible, esta investigadora sigue demostrando que la Ingeniería Biomédica goza de una excelente salud.

Laura María Roa Romero recibe la Medalla de Oro del Ayuntamiento de Sevilla en reconocimiento a su trayectoria profesional e investigadora.





EL FLAMENCO, UN ARTE QUE TAMBIÉN ES PATRIMONIO DE LA CIENCIA

Por bulerías o por soleares, al cante, al baile o a la guitarra. El flamenco, considerado Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad por la Unesco desde 2010, ha dado además el salto de los tablaos y las zambras a los laboratorios y las universidades y ya se estudia desde perspectivas multidisciplinares para demostrar que el duende tiene también mucho de ciencia. La psicología, el deporte, la ingeniería y hasta las matemáticas se aplican por palos flamencos para adentrarse en un arte que cada vez más se comunica con las disciplinas científicas.

Fuente: María Ruiz
Asesoría científica: Elvira Salazar, Alfonso Vargas, Belén de Rueda, José Miguel Díaz-Báñez, Francisco Perujo

Flamenco puro o de vanguardia, academicista o de fusión, pero arte reconocido en todo el mundo que llena espacios musicales, que remueve por dentro y que deposita su alma en eso intangible que llaman duende y que no es nada y lo es todo. Que no era nada, porque la ciencia ya ha medido el duende flamenco. Y es que una muestra gráfica de que esta disciplina artística también puede evaluarse con criterios científicos la aportó un grupo de investigadores de la Universidad de Granada, pioneros en medir de manera objetiva el duende flamenco. Usaron la termografía, una técnica basada en la detección de la temperatura del cuerpo humano, para dibujar la huella térmica de eso que tienen las bailaoras que despierta otro algo.

La investigadora principal de este trabajo, Elvira Salazar, defendió su tesis en la Universidad de Granada en 2012 y aprovechó su formación en danza para mezclarla con la tecnología del Centro de Investigación Mente, Cerebro y Comportamiento para buscar el duende. La investigación,

del grupo de trabajo dirigido por Emilio Gómez, determinó la huella térmica del duende midiendo la temperatura corporal de una decena de bailarinas. “Ya se habían publicado muchos trabajos que demuestran que el cambio de temperatura está relacionado con factores psicológicos e interesaba saber si las emociones de un bailarín afectan a su temperatura como afectan otras constantes como el pulso”, explica.

Alejada ahora del flamenco y como investigadora de la Universidad Técnica de Munich (Alemania), Salazar mezcló con su equipo la psicología, la termografía y el movimiento, y demostró que la huella térmica del flamenco está relacionada con la activación de diversas áreas cerebrales, habilidades técnicas, empatía y el duende flamenco de los sujetos.

El poeta Federico García Lorca definió el duende como el “poder misterioso que todos sienten y que ningún filósofo explica” en su conferencia ‘Teoría y juego del duende’ (1933) y décadas después llegó la ciencia para tratar de explicar lo inexplicable. En el estudio participaron diez bailaoras profesionales de flamenco, al menos con una década de trayectoria, a quienes midieron su temperatura basal en reposo y la de determinadas partes del cuerpo mientras bailaban para tratar de medir, así, el duende.

También por pasión flamenca comenzó su investigación científica sobre el flamenco Alfonso Vargas, un licenciado en Educación Física y doctor por la Universidad de Cádiz

Federico García Lorca definió el duende como el “poder misterioso que todos sienten y que ningún filósofo explica” en su conferencia ‘Teoría y juego del duende’ (1933) y décadas después llegó la ciencia para tratar de explicar lo inexplicable.

(2006) con la tesis ‘El baile flamenco: estudio descriptivo, biomecánico y condición física’. Esta tesis captó la atención de la comunidad científica, la deportiva y la artística. “Estudié fuera y, al volver a Cádiz, pensé que una buena forma de hacer amigos era apuntarme a una escuela de flamenco. Y descubrí que pese a estar en una buena forma física no estaba preparado para esa exigencia”, explica Vargas. Inició entonces un campo de investigación para demostrar que las exigencias físicas de un bailarín

son similares a las de un atleta de élite y ahora aplica las ciencias biomecánicas, extendidas entre los deportistas, al flamenco.

“Este estudio, la visión científica del flamenco, sirve para prevenir lesiones y mejorar la técnica, para idear patentes que previenen enfermedades analizando, por ejemplo, la pisada de un bailar. Eso se hace con corredores y ciclistas y ahora también para conocer el zapateo, si los gestos del pie son correctos”, explica Vargas. Para avanzar en esta línea, ha llevado el análisis del baile flamenco a una tercera dimensión y, en uno de sus trabajos, ha analizado 150.000 fotogramas con tecnología 3D para conocer cómo se mueve un bailar. Con las imágenes grabadas con sistema PAL y a 25 fotogramas por segundo, captó el arte de 17 bailaros por 24 palos distintos para recoger el braceo, la vuelta de tacón, el zapateado o el marcaje de los pies.

El cerebro de los guitarristas

El flamenco también ha captado el interés investigador de centros privados como Telethusa, un centro sin ánimo de lucro que se centra en la investigación del baile flamenco bajo el prisma de las Ciencias de la Actividad Física y la Salud. Trabaja desde la perspectiva científica, de asesoramiento, divulgativa y editorial y participa en líneas de investigación para analizar el esfuerzo de un bailar o la repercusión en sobrecargas, dolencias y lesiones que provoca la repetición de gestos propios de un baile.

Vargas también dirige como miembro fundador este centro de investigación que suma a profesores e investigadores de universidades de otras comunidades y de países como Polonia, Japón, Italia o Estados Unidos. Junto a universidades públicas como las de Sevilla o Cádiz, o con proyectos internos, Telethusa avanza en el análisis cinemático de bailaoras semiprofesionales o en el estudio de materiales de última generación que mejoran la absorción de impactos.

El flamenco también se ha hecho ciencia para conocer el funcionamiento del cerebro de los guitarristas gracias a otra investigación, aún en marcha, de un equipo del Centro de Investigación Mente, Cerebro y Comportamiento de la Universidad de Granada. Una de sus autoras principales junto a Andrés Catena, profesor en la Facultad de Psicología, y Carlos Zarate, guitarrista flamenco, es la profesora del departamento de Educación Física y Deportiva Belén de Rueda, que detalla que el objetivo es comparar el

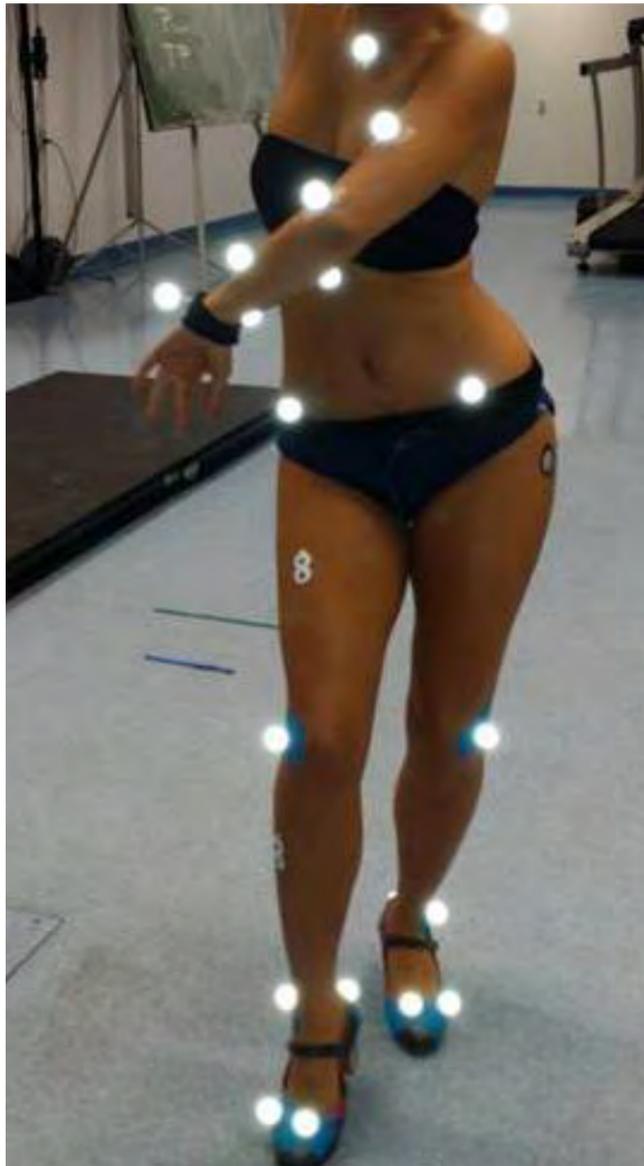


José Miguel Díaz-Báñez, catedrático de Matemáticas aplicadas de la Universidad de Sevilla.

cerebro de un guitarrista flamenco autodidacta y el de un academicista. La investigación pretende demostrar que la estructura cerebral de los guitarristas flamencos sin formación reglada es muy diferente a la de quien ha estudiado solfeo.

Los investigadores parten de la hipótesis de que el grado de especialización de un guitarrista provoca cambios a nivel anatómico en el volumen de la corteza cerebral y que afecta a sus conexiones neuronales, que aumentan.

El guitarrero granadino Francisco Manuel Díaz ha fabricado un instrumento parecido a la guitarra, pero sin componentes metálicos para que este equipo se pueda introducir en un dispositivo de resonancia magnética donde estudiar a guitarristas, con y sin formación académica,



Muestra de la colocación de los marcadores en el marco de un estudio de Vargas sobre la variación de la posición del centro de gravedad en una bailaora profesional durante el zapateado flamenco.

dirigiendo distintos proyectos de investigación con el apoyo económico de la Junta de Andalucía, la **Agencia Andaluza para el Desarrollo Flamenco**, el Ministerio de Educación y Cultura y la Comunidad Europea.

Junto a otros profesores de disciplinas como matemáticas, ingeniería o musicología estudia las propiedades de la música flamenca con herramientas científicas y actualmente es el responsable de un grupo interdisciplinar de investigación en música flamenca que trabaja en el proyecto de excelencia COFLA: Investigación Computacional de la Música Flamenca. Este programa, subvencionado por la Junta de Andalucía, estudia la música flamenca desde una perspectiva tecnológica.

Díaz-Báñez recalca que la investigación analiza cómo los modelos matemáticos y computacionales pueden ayudar a estudiar y sintetizar la música flamenca, que se aborda con enfoques multidisciplinares que incluyen la algorítmica, las matemáticas, la psicología o el procesamiento de señales de audio. Este grupo ofrece además herramientas para la descripción automática de piezas flamencas en términos armónicos, melódicos o rítmicos para ahondar en una nueva disciplina, la Etnomusicología Computacional, que trata de analizar las músicas de tradición oral entroncadas con la cultura, teniendo al flamenco como objeto de estudio fundamental.

José Miguel Díaz: "Desde una perspectiva multidisciplinar, nuestra investigación analiza cómo los modelos matemáticos y computacionales pueden ayudar a estudiar y sintetizar la música flamenca".

"Se trata de usar herramientas informáticas que hay que crear, porque no se adecuan las de otras músicas, y que permiten trabajar desde un audio para extraer las notas de una melodía", sintetiza Díaz-Báñez. El equipo que dirige pretende aprovechar las matemáticas para generar herramientas que se puedan aplicar a "algo real y relevante", en este caso el flamenco. Buscan así poder explicar el flamenco, aportar una visión científica que amplíe su universo, que permita que investigadores de otros países se acerquen a este arte y desterrar así el tópico del "tú esto no lo puedes entender porque no eres de aquí, no lo sientes".

para comparar las áreas que se activan en sus cerebros. El creador del proyecto fue el flamencólogo y musicólogo Philippe Donnier, cofundador del Ateneo de Córdoba y doctor en Etnomusicología por la Universidad de París, y el guitarrista flamenco Carlos Zárate, autodidacta.

Flamenco, un algoritmo

Pero el flamenco no es solo movimiento, también son matemáticas. O al menos eso defiende José Miguel Díaz-Báñez, catedrático de Matemáticas aplicadas de la **Universidad de Sevilla**. Desde 1994 ha realizado labores de investigación en Optimización Geométrica, pero una década después cambió de palo y dedicó parte de su labor investigadora al análisis de la música flamenca. Desde entonces, está

Este investigador, aficionado al cante y que también aplica las matemáticas a otras áreas como el diseño de algoritmos para realizar tareas cooperativas con drones, cree que al flamenco, "una música muy bien hecha", puede analizarse desde la ciencia sin necesidad de codificarla con las partituras tradicionales en teoría musical, que están diseñadas para otras músicas más académicas. Puede estudiarse a través de curvas melódicas que permiten estudiar la similitud de los cantes para agruparlo por estilos y conocer además su evolución. El trabajo de COFLA se ha traducido en herramientas como por ejemplo un algoritmo que permite extraer la melodía común de un estilo determinado de una gran base de

datos y esto puede facilitar un estudio musicológico del flamenco, una "tecnología entendida como ayuda para el estudio pero que no es terminal, que puede usar un experto musicólogo y extraer conclusiones en contraste con otras disciplinas".

Están diseñando ya un reconocimiento por tarareo, esto es, alguien canta y el ordenador reconoce el estilo o palo flamenco que interpreta; matemáticas y algoritmos aplicados al cante que sirven como herramienta para que museos o centros de investigación del flamenco lo analicen y preserven porque "cuando se escribe con rigor y claridad, se puede estudiar", concluye Díaz-Báñez.

EL PRIMER MÁSTER OFICIAL DE INVESTIGACIÓN DEL FLAMENCO, UNA APUESTA DEL CAMPUS DE JEREZ

La Universidad de Cádiz (UCA) lidera la apuesta andaluza por abordar el flamenco desde la investigación científica y ofrecerá el próximo curso académico el primer máster oficial especializado del mundo. El profesor asociado de la UCA Francisco Perujo destaca que este máster universitario en Investigación y Análisis Interdisciplinar del Flamenco, que se impartirá en el Campus de Jerez, nace como una formación interuniversitaria y multidisciplinar para "abrir el angular" desde el que se estudia el flamenco.

Se trata del primer título oficial de contenidos exclusivos relacionados con el flamenco como ámbito de conocimiento dentro del sistema universitario nacional e internacional y nace además desde el convencimiento de que este plan debía ofrecerse en una universidad pública y andaluza.

El proyecto cuenta con el compromiso de la Junta de Andalucía para que el flamenco dé el salto de los salones de actos que acogen los espectáculos a las aulas.

En la actualidad el plan está en fase de revisión para que la Junta lo autorice y que se implante como título oficial en el curso 2018-19. Contará con una treintena de profesores y doctores de ocho universidades para abordar el flamenco desde disciplinas y campos de saber diferentes. Y aunque los bloques centrales se ofrecerán en el Campus de Jerez, el proyecto incluye además a la Universidad Pablo de Olavide y las de Huelva, Jaén y Granada, para así funcionar como una iniciativa interuniversitaria, apunta Perujo.

Responde, además, a las obligaciones que dicta la Unesco tras declarar el

flamenco como Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad y también en el artículo 68 del Estatuto de Autonomía de Andalucía, que recoge en sus artículos la competencia de transferir y salvaguardar este arte. El flamenco se analizará desde disciplinas tan diversas como las Ciencias Sociales o la Comunicación, pero introduce además la Ingeniería o la salud para crear una cantera de investigadores con formación continua en el flamenco. Reforzará además la investigación de otros programas formativos como Flamenco en Red, que también coordina la UCA, o las cátedras de Flamencología de las universidades andaluzas.

Este máster oficial constará de 60 créditos ECTS divididos en diez módulos para analizar la complejidad musical del flamenco, las nuevas tecnologías aplicadas a su estudio o el flamenco como industria cultural.



Clara Janés durante la lectura de su discurso de ingreso en la RAE.

SIN CIENCIA

NO HAY CULTURA

Fuente: Clara Janés. Poeta y académica de la Real Academia Española de la Lengua.

“La metafísica es el andamio de madera al que no se puede renunciar para continuar edificando. A lo mejor está permitido afirmar que la metafísica se transforma con el correr del tiempo en física”. Con estas palabras, el Nobel Erwin Schrödinger declaraba la unión del pensamiento y la ciencia, es decir, aunque de modo inverso, nos acercaba al tema que hoy nos ocupa: Sin ciencia no hay cultura. En otro momento, por cierto, Schrödinger citaba a Ortega y Gasset, el cual, en 1930, escribió que la cultura “no hacía sino espumar de aquella [de la ciencia] lo vitalmente necesario para interpretar nuestra existencia”².

¿Qué es, pues, la ciencia y qué es la cultura? Si consideramos el concepto de cultura, veremos que, según los estudiosos, procede del mismo término latino “cultura”, que significaba cultivar los campos, y que Cicerón empleó metafóricamente en *Tusculanae Disputationes*. En dicha obra, Cicerón hablaba de “cultura animi”, es decir, cultivo del espíritu, para dar a entender que éste, al igual que la tierra, podía dar frutos. La palabra “ciencia”, por otro lado, también deriva del latín, “scientia”, que indicaba un sistema “ordenado”.

En cuanto al concepto “cultura”, tal como lo entendemos hoy, parece, sin embargo, que cuajó en la época romántica. Así lo expresa José Antonio Alonso en un artículo³: “Para los románticos, con Herder a la cabeza, cultura representaba los valores, significados, signos lingüísticos y símbolos compartidos por un colectivo humano (un pueblo), que, a su vez, se consideraba como una entidad unificada y homogénea. La cultura era algo así como el ‘alma’ profunda de un pueblo”.

Posteriormente, las definiciones del vocablo cultura proliferaron. Entre ellas yo destacaría la de Levy-Strauss, que consideraba la cultura ante todo un sistema de símbolos. En su obra *El pensamiento salvaje* (1962), añadía, además, concretamente, que los símbolos y signos que la constituyen son productos de la misma capacidad simbólica que posee la mente del hombre, la cual permite, a su vez, el lenguaje. Y el lenguaje está en la base de la formación de todo colectivo humano

Respecto a la cuestión que nos ocupa, creo que este punto, que une capacidad simbólica y lenguaje, es fundamental pues remite a una manifestación casi intuitiva. Rastreando este tipo de manifestaciones descubrimos que, entre las primeras cosas que la mente capta y enuncia figuran ya elementos que serán objeto de la ciencia, y, en primer lugar, el número.

Desde los albores de la civilización, el número está presente -y contar es ordenar... Se dice que en las pinturas rupestres, en cuanto, junto a una figura hay un punto negro o rojo, eso supone el empleo de un signo, un principio de escritura. De pronto aparece una mano abierta con los cinco dedos extendidos, aparecen dos manos, tres manos... ¿Tienen estas manos carácter mágico, curativo, o representan una mano, cinco, y dos manos, diez? Casi toda la humanidad ha contado partiendo de las dos manos, con una base de diez. No así los aztecas y mayas -autores de magníficos calendarios- que contaban partiendo de las manos y los pies, por lo tanto con una base de veinte, lo cual queda reflejado en sus códices a través de puntos.

Se diría que el número es, pues, un inicio, pero, sin duda, cuando el hombre pasa de perpetuo nómada a descubrir la agricultura y “cultivar” -cultivar los campos, en efecto-, surge ya la posibilidad de un grupo asentado y, por tanto,

La metafísica es el andamio de madera al que no se puede renunciar para continuar edificando. A lo mejor está permitido afirmar que la metafísica se transforma con el correr del tiempo en física”. Con estas palabras, el Nobel Erwin Schrödinger declaraba la unión del pensamiento y la ciencia. Sin ciencia no hay cultura.

sí, de cultura. El estudio del tiempo, de las estaciones, de lo que es propicio para la siembra, constituyen un gran impulso para el desarrollo, lo cual comporta, además, la contemplación del cielo. Pronto irrumpirá el calendario. Para entonces el hombre está ya contando. La presencia del número asoma en los grandes libros de sabiduría, que son, por sí mismos, compendios de la cultura del lugar donde se escriben. ¿No pone claramente en un primer plano el número, el hindú autor de las *Aranyakas* (600 años a.C.), cuando dice que el aire es “el dios y medio”? Y ¿no sigue “contando” a lo largo de todo el texto y desvelando, además, la importancia de lo que será tema fundamental de la física, la energía? Leemos, por ejemplo, en el “Quinto Bráhmna”, del *Gran Upanishad del Bosque*⁴:

Engendró el Padre los siete alimentos con su inspiración divina (medhâ) y su ardor ascético (tâpas). Uno de ellos fue común para todos,

*dos los compartió con los dioses,
tres para sí mismo los hizo,
uno lo entregó a los animales.
En este [alimento] está todo firmemente asentado,
tanto lo que respira como lo que no respira.
¿Cómo es que no se agotan nunca estos [alimentos],
si son continuamente devorados?
Quien, en verdad, conoce la inexhaustibilidad [del alimento],
toma con su boca alimento [abundante].
Ése hasta los dioses llega,
de la energía (ûrjâ) vive.*

Pero mucho antes -hablamos ahora de 3.000 años a.C.-, el arquitecto de las pirámides tenía en cuenta tanto el número como los astros. Los egipcios adoraban, entre otros, a Thot, dios de la escritura, la numeración y el tiempo. Para ellos todo era número, y además de crear un calendario relacionado con la agricultura, emplearon sus capacidades, por ejemplo, fijando la posición de las estrellas a cada hora. Su ciencia quedaba manifiesta en la construcción.

Observemos la pirámide de Keops (2.700 a.C.) y, para valorarla en su complejidad, imaginemos un corte norte-sur y ubiquemos sus dos "conductos del aire", que son dos aperturas por las que entra la luz y, a la vez, dos verdaderos guías para el alma del difunto. Estos conductos se proyectan desde la cámara faraónica y trazan dos líneas orientadas de tal modo que la septentrional apunta al polo y la meridional a la constelación de Orión. Dicha constelación (equivalente a Osiris), con su estrella Sirio (Isis-Sethis), simbolizaba la renovación. La apertura al norte se dirige a la estrella Draconis, en torno a la que giran las Circumpolares, a las que llamaban "las indestructibles" porque nunca desaparecen del horizonte. Superada la prueba que todo hombre pasaba al morir, llamada "El peso de las palabras", que consistía en detectar su verdad colocando en uno de los platillos de una balanza el corazón del difunto -las palabras- y en el otro la pluma de Maât -la regla eterna-, mientras Thot anotaba el resultado, el faraón ascendía a dichas estrellas Circumpolares para hallar su verdadero sitio en el cielo, ya que la tierra era sólo su reflejo. La cultura, incluidas, la estética y la ética, en el antiguo Egipto, estaba, pues, unida, al orden cósmico, la precisión y la vida de ultratumba.

Tampoco hay que olvidar que los egipcios eran expertos, entre otras cosas, en medicina hasta el punto de poder llevar a cabo la trepanación...

Fijémonos ahora en Sumer. Entre el 3.500 y el 2.000 a.C. su escritura tan compleja (contaba con 2000 signos) nos



Clara Janés, poeta y académica de la Real Academia Española de la Lengua.

revela, a través de grandes listas lexicográficas, que se conocía la aritmética y, aunque se empleaba el sistema hexagonal, los expertos manejaban potencias, ecuaciones, fracciones y raíces. Los sumerios, además, medían el tiempo y desarrollaron la astronomía, descubrieron planetas y predijeron eclipses. Por sus conocimientos químicos, por otra parte, elaboraban medicinas y pomadas, de modo que se les debe *El recetario más antiguo de la Historia* (finales del tercer milenio a.C.). Considerando otro aspecto, allá por la dinastía de Ur (2.354-2.238), en tiempos de Gudea, se fija el relato de sus construcciones arquitectónicas y el hermoso relato del pájaro simbólico que se recoge en la "Tablilla del personaje de las plumas".

Si avanzamos más, encontramos la biblioteca del asirio Asurbanipal (669-626) con 27.000 tablillas donde figuran textos de medicina, farmacopea, matemáticas, gramática, silabarios... Un siglo después (VI a.C.), los persas se revelaban como grandes arquitectos e ingenieros (creando extensos sistemas de drenaje), y también estadistas, políticos y legisladores de alto nivel. Esto es igualmente una ciencia, una ciencia estrechamente imbricada en la

cultura y el poder. Los chinos, mientras tanto, lograban gran perfección en el tejido de la seda, y hallaban la energía del cuerpo humano, aplicada en la curación a través de la acupuntura que se practicaba ya en el siglo primero a.C. Todo esto, indudablemente, es el basamento sobre el que la sociedad se desarrolla.

Demos ahora un salto y veamos como en el siglo V. a.C., en Grecia, Platón (427-347) afirmaba que el libro de la naturaleza está escrito en caracteres matemáticos -cosa que no aceptaba su discípulo Aristóteles- y, por otra parte, a la entrada de su escuela colocaba un cartel con estas palabras: "que no entre aquí el que no sepa geometría". Según él, existían unos elementos primordiales, a escala microscópica, las *stoikheia*, que, de hecho, eran letras, las letras del libro de la naturaleza, indiscernibles e indestructibles. Sus combinaciones se expresaban mediante fórmulas ecuaciones y daban cuenta de los cuatro elementos. Esto le llevaba a afirmar que todo el universo sensible, a escala astronómica, se reducía a las interacciones matemáticas de los elementos cuya naturaleza es exclusivamente matemática.

No deja de ser interesante que en su diálogo *Fedón*⁵, situara en primer plano a Sócrates, el cual insistía en que durante su juventud quería saber física. Así vemos que dice a su contertulio Cebes:

"Escúchame, pues. Durante mi juventud estaba poseído de un deseo increíble de aprender la ciencia que se llama la física; porque encontraba admirable el saber la causa de todas las cosas, de lo que las hace nacer y las hace morir y de lo que las hace ser. Y no hubo molestia que no me haya dado para examinar primeramente si es del calor o el frío, como algunos pretenden, que nacen los seres animados después de haber sufrido una especie de corrupción; si es la sangre la que hace el pensamiento, o si es el aire o el fuego o si no es ninguna de estas cosas y solamente es el cerebro la causa de nuestros sentidos, de la vista, del oído, del olfato; si de estos sentidos resulta la memoria y de la representación nace finalmente la ciencia. Quería conocer también las causas de su corrupción; llevé mi curiosidad hasta el cielo y los abismos de la tierra para saber qué es lo que produce todos los fenómenos [...]".

Los sumerios medían el tiempo y desarrollaron la astronomía, descubrieron planetas y predijeron eclipses. Por sus conocimientos químicos, por otra parte, elaboraban medicinas y pomadas, de modo que se les debe El recetario más antiguo de la Historia (finales del tercer milenio a.C.).

Platón, por boca de Sócrates, hace aquí referencia a los presocráticos, desde Heráclito y Anaxímenes a Anaximandro o Empedocles y tiene asumidas las enseñanzas de Parménides, el cual daba forma geométrica al "corazón inestremecible de la verdad bien redonda"⁶. También presocráticos, Leucipo y Demócrito proclamaron la existencia del átomo. A lo largo de toda la historia, como podemos ver, la ciencia y las matemáticas han cimentado el avance de la cultura.

Dando ahora otro salto, en el Renacimiento italiano, hallamos a Leonardo da Vinci (1452-1519) que escribe: "Que no me lea el que no es matemático"⁷, y ya en la primera mitad del siglo XVII, el gran Galileo Galilei -que por cierto arremetió contra Aristóteles y su concepto de los movimientos del cielo en defensa de la teoría copernicana y acaso por ello sus ideas se acercan en unos puntos a las de Platón-,

afirmaba: “La filosofía está escrita en ese grandísimo libro que continuamente está abierto ante nuestros ojos (es decir, en el universo), pero no se puede entender si primero no se aprende a comprender su lenguaje y a conocer los caracteres en los que está escrito. Está escrito en lengua matemática y los caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin cuya ayuda es humanamente imposible entender nada; sin estas es como girar vanamente por un oscuro laberinto⁸”.

Pero ese laberinto... Sí, de pronto, se llena de una luz fantástica debido a unos números muy particulares, a los que se llamará “números imaginarios”. El físico Basarab Nicolescu, tras mencionar primero una célebre conferencia, pronunciada en 1908 por Henri Poincaré en la Sociedad de psicología de París, y el libro *Ensayo sobre la psicología de la*

Clara Janés: “Yo no creo que estemos aquí con ningún fin, pero suscribo el agustiniano “nos, interrogantes”, y –ya sea movido por la ciencia o por la cultura- celebro ese impulso humano que nos hace dar siempre un paso más”.

invención en el dominio matemático, de Jacques Hadamard, escribe lo siguiente: “La historia de los números imaginarios es muy instructiva pues estos números son un puro producto del imaginario, entidades sin ninguna representación directa en el mundo natural. [...] // Era muy conocido desde hacía tiempo, que el cuadrado de todo número (positivo o negativo) es positivo. Sacar la raíz cuadrada de un número negativo parecía, pues, una operación absurda, imposible y, con todo, en el siglo XVI, Gerolamo Cardano, uno de los personajes más extravagantes de la historia de la ciencia, se atrevió a introducir estos nuevos números (resultado de la raíz cuadrada de un número negativo). Como destaca Jacques Hadamard, estos números parecían ‘más próximos a la locura que a la lógica’, pero paradójicamente ‘iluminan toda la matemática⁹’.

Después de relatarnos las oscuras peripecias vitales de Cardano, Nicolescu concluye: “En 1545 en el libro *Artis magna sive de regulis algebraicis* (llamado *Ars Magna*), Cardano estudia la solución de la ecuación de tercer grado e introduce, en su fórmula, estos números, llamados *números imposibles*. El nombre de números imaginarios fue inventado en 1637 por Descartes. Finalmente, la notación ‘i’, inicial

de la palabra ‘imaginario’, que simboliza la raíz cuadrada de (-1), fue introducida en 1777 por Euler¹⁰”.

Dejando a un lado estos curiosos números, llegamos al siglo XX y el genio de Einstein arremete contra aquellas metáforas de un mundo hecho de números de modo desenfadado, pues afirma: “creo que no existe ninguna experiencia de la que se pueda deducir el concepto de número¹¹”, lo que bien podemos interpretar diciendo que nada en la naturaleza nos lanza a las matemáticas. Sin duda su privilegiada mente “ordenaba” de modo fundamentalmente intuitivo, pues afirmaba, por ejemplo: “La razón es de todos modos impotente ante el instinto, y queda incluso paralizada si no la impulsa una voluntad animal¹²”. ¿Creía que la cultura puede ser también cuestión de los animales, como algunos afirman?

En su elocución *The common language of science*¹³, dice: “El principio para observar un lenguaje fue delimitar acústicamente, o al menos llegar a ser libre para transmitir impresiones. Muy probablemente todos los animales sociales han llegado a una primitiva forma de comunicación, por lo menos a cierto grado”. He aquí una cuestión compleja.

Otro de los grandes del siglo XX, Werner Heisenberg, en *Física y Filosofía*, nos sitúa cara a la ciencia, su relación con el arte y el hecho de ser ambos un lenguaje: “los dos procesos, el de la ciencia y el del arte, no son muy distintos. En el curso de los siglos, ambos, la ciencia y el arte, forman un lenguaje humano mediante el cual podemos referirnos a las más remotas partes de la realidad; y los sistemas conceptuales coherentes, tanto como los diferentes estilos del arte, son diferentes palabras o grupos de palabras de dicho lenguaje¹⁴”.

Este es el hecho irrefutable: ciencia y cultura tienen la raíz común que destacó Levy-Strauss: la capacidad de simbolizar del hombre, pues al fin, esto hace cada palabra: representa, lo cual lleva implícita una dualidad, lo concreto y su abstracción. Entre ambos, el hombre tiende un puente con su intelecto.

Tanto el concepto de ciencia como el de cultura se han ido delimitando a lo largo de la historia, y acaso podría invertirse el planteamiento inicial y decir: sin cultura no hay ciencia. Para concluir, en vez de cerrar voy a abrir una puerta, pero una puerta hacia atrás, a la situación previa al planteamiento del tema que nos ocupa. Y ya que he empezado citando a Erwin Schrödinger lo haré también con unas palabras suyas. Su obra *Ciencia y Humanismo*¹⁵



Clara Janés, en la mesa redonda en la que participó en el VI Congreso de Comunicación Social de la Ciencia junto a Miguel Delibes de Castro, David Broncano, moderados por José María Montero.

se inicia con el apartado “Influencia espiritual de la ciencia en la vida” y en él leemos: “Tendrán sin duda en la punta de la lengua la pregunta: entonces, ¿cuál es, para usted, el valor de la ciencia natural?” Y contesta un párrafo más abajo: “[...] averiguar lo más posible. Esto es la ciencia, aprendizaje, saber; esa es la verdadera fuente de todo esfuerzo espiritual del hombre. [...] ¿No será ése el fin para el que estamos aquí?”

Yo no creo que estemos aquí con ningún fin, pero suscribo el agustiniano “nos, interrogantes”, y –ya sea movido por la ciencia o por la cultura- celebro ese impulso humano que nos hace dar siempre un paso más.

Universidad de Córdoba, 23 de noviembre de 2017

Nota de iDescubre: Este texto, inédito, lo preparó Clara Janés para su lectura en la mesa redonda ‘Sin Ciencia no hay Cultura’, incluida en el VI Congreso Nacional de Comunicación Social de la Ciencia (Córdoba, 23-25 de noviembre de 2017, <https://www.uco.es/ccsc2017/index.php/programa>). Durante el desarrollo de la mesa apenas citó algunos párrafos del texto, por lo que desde iDescubre la invitamos a publicarlo íntegro en nuestra revista. Clara Janés nos regaló este artículo que hoy ofrecemos a nuestros lectores.

1. *Mi concepción del mundo*, Tusquets, 1985, p.21.
2. Cit. por J.L.Villacañas en una conferencia: *Ortega en América*, accesible en Youtube.
3. “Cultura y desarrollo”, *R. de Occidente* n° 335, abril 2009 (pp.9-20).
4. *La sabiduría del bosque. Antología de las principales Upanishads*. Edición y traducción de Félix G.Hárraz y Óscar Pujol. Trotta, 2003, p.229.
5. *Diálogos*, Austral, Espasa Calpe, Madrid, 1994, p. 188.
6. *Presocráticos, I*, Gredos, p.439.
7. *Scritti scelti*, Giunti, Firenze, 2006.
8. *Galileo*, ed. V. Navarro Brotons, Ed. Península, 1991, p.87.
9. *Nous, la particule et le monde*, Éditions du Rocher, 2002, Monaco, pp.133-134.
10. *Ibid.*, pp.134-135.
11. *Carta a Besso*, 20.III.1952, Albert Einstein. *Correspondencia con Michele Besso*, Tusquets, 1994, p.406.
12. *Carta a Besso* 5.I.1924, *Ibid.*, p.215.
13. *Accesible en Youtube*.
14. *Ediciones la isla/Buenos Aires*, 1959, p.88.
15. *Tusquets*, 1998, p. 14 y 15.

HISPATEC DESARROLLA EN ALMERÍA LA AGRICULTURA MÁS 'INTELIGENTE'

La 'agricultura inteligente' o 'smart agro' está cada vez más presente en Andalucía, denominación que hace referencia a la incorporación de la tecnología para mejorar el rendimiento de producción, recursos y toma de decisiones de los profesionales del campo. Sevilla, Málaga o Almería han acogido recientemente eventos para dar a conocer e intercambiar experiencias relacionadas con este sector en crecimiento. Una de las empresas andaluzas pioneras en el desarrollo de proyectos de I+D y en la incorporación de las TICs a la agricultura es la almeriense Hispatec.

Fuente: Luz Rodríguez
Asesoría Científica: José Luis Estrella



Dispositivo Hortisys para el control en tiempo real del estado de los cultivos combinando con datos meteorológicos tanto de interior de invernadero como de exterior y regionales.

Robots recolectores, regadío a control remoto o seguimiento de la producción a través de una aplicación móvil son ya una realidad. La empresa almeriense Hispatec lleva décadas apostando por el desarrollo tecnológico del sector agrícola, lo que la ha llevado a convertirse en referente nacional e internacional en sistemas de gestión de empresas agroalimentarias gracias al desarrollo de un ERP (Enterprise Resource Planning) específico para este sector, denominado ERPagro. El objetivo de un

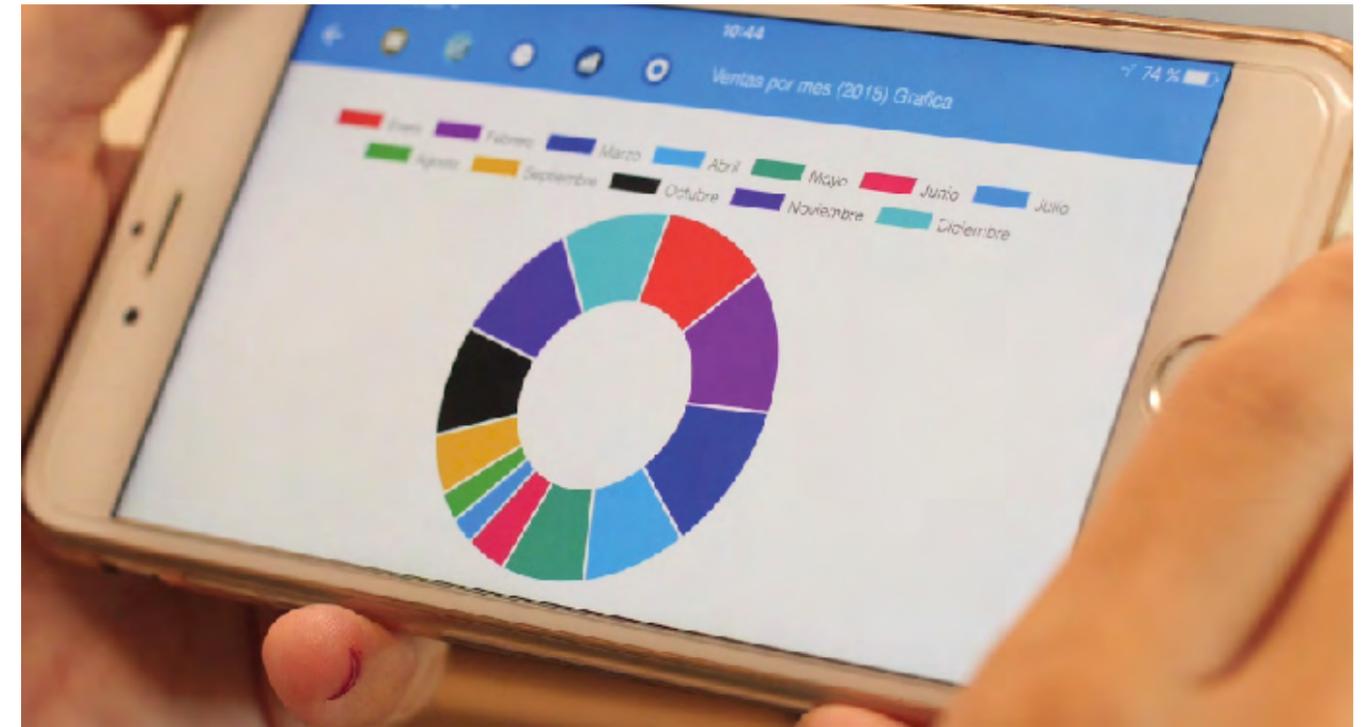
ERP es gestionar toda la información que una empresa produce con el fin de alcanzar una mayor eficiencia en la gestión. "Desde hace años hemos desarrollado nuestro ERP con soluciones para el campo a través de apps para smartphones, conectividad con sensores IoT (Internet of Things) y análisis 'big data'. Todo ello nos ha llevado a tener una solución completa que controla la información desde la semilla hasta el consumidor", explica José Luis Estrella, director general de esta empresa almeriense.

En concreto, un software controla toda la información que se genera a lo largo del complejo proceso de producción. Datos de cosecha, apps para control y manejo de cultivos, entrada de productos, trazabilidad, manipulado y logística... Tecnología punta al servicio del agricultor. De ahí que ingenieros informáticos y agrónomos pasando por analistas e implantadores con una larga experiencia en las características de las empresas agrícolas trabajen codo

con codo en esta empresa. Un equipo muy heterogéneo. "No se trata solo de saber programar, tenemos que saber para qué se programa y cómo se usan nuestros productos. El hecho de contar con un equipo que conoce todas las etapas del proceso es clave y uno de nuestros pilares más importantes", añade José Luis Estrella.

Para este informático y experto en dirección de empresas agroalimentarias, participar en I+D es la consecuencia lógica de querer desarrollar más y mejores productos: "Muchas de las ideas que tenemos sobre cómo mejorar y ayudar a nuestros clientes pasan por inventar sinergias entre tecnologías existentes pero que nunca antes han trabajado juntas. Al conocer muy bien las necesidades del mercado y las posibilidades que la tecnología va ofreciendo, encontramos natural participar en proyectos de innovación para colaborar en el avance del smart agro".

A su juicio, "la agricultura española se encuentra entre las más avanzadas del mundo. No en vano España es el principal país exportador de fruta y hortaliza fresca del mundo. Los profesionales españoles son muy serios en cuanto a la adopción de tecnologías que les hagan mejorar y llegar más lejos en sus desempeños, pero no es un sector que salte de un lado para otro a la hora de elegir tecnolo-



Tecnología Hispatec.

gías. Los pasos que se dan se hacen de manera muy segura y firme pero no a una velocidad que en otros sectores nos parece rápida".

Una agricultura con menos incertidumbres

Desde la empresa almeriense se lleva a cabo en la actualidad el desarrollo y aplicación de varios proyectos de innovación. Uno de ellos es el IoF2020, una apuesta europea por el desarrollo del internet de las cosas en el sector agrícola. Tiene como misión demostrar el valor añadido del uso de dispositivos de todo tipo conectados a internet como, por ejemplo, sensores, sistemas de riego o software de gestión que puedan ser gestionados y controlados de manera remota por los distintos actores de la cadena agroalimentaria.

IoF2020 se organiza en torno a cinco sectores con la creación de 19 casos de estudio con distintas temáticas. "El objetivo -indica Estrella- es formar un ecosistema que facilite la creación a largo plazo de soluciones tecnológicas utilizables por el mayor rango posible de empresas y que todas crezcan y aprendan con la información de todos".

Otro de los proyectos es el denominado **Globalviti**, una iniciativa para el sector vitivinícola liderada por Bodegas Torres en la que participan empresas del calado de Pago

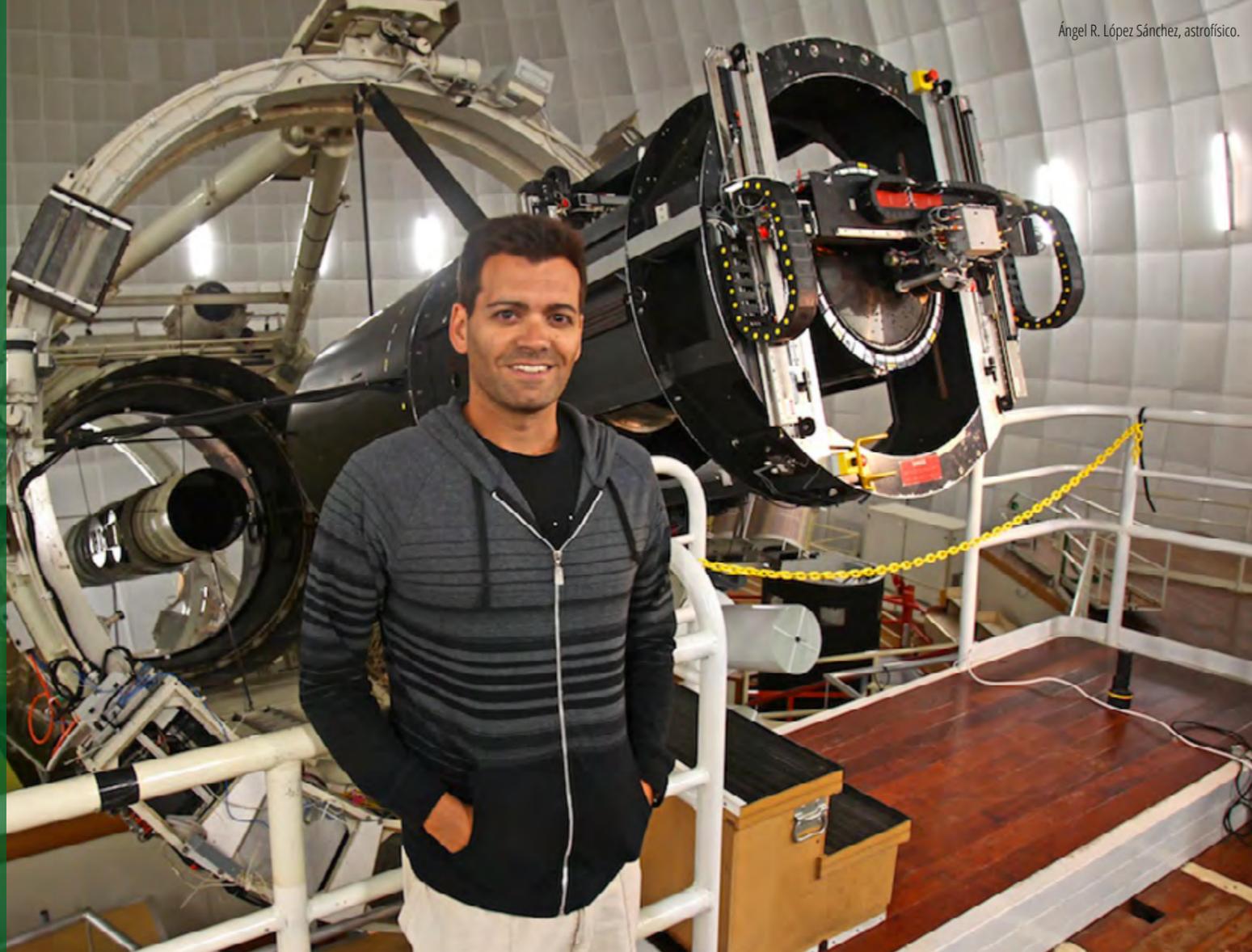
de Carraovejas, Bodegas Ramón Bilbao, Bodegas Martín Códax y Juvé & Camps, entre otras. Se trata de crear una solución global para mejorar la producción vitivinícola frente al cambio climático basada en robótica, en tecnología IT y en estrategias biotecnológicas y de manejo del viñedo.

Apps para controlar el producto, riego por control remoto, recolección robotizada... ¿cuál es la acogida por parte de los profesionales del sector? Estrella asegura que "aquellos agricultores y técnicos de campo que utilizan productos como Hortisys (sensores en planta) quedan impactados. Disponer de una guía que les dice como está recibiendo el cultivo sus tratamientos y anticipar las necesidades de agua, nutrientes o cuidados supone al principio una adaptación a una manera nueva de trabajar, pero cuando ven que disponen de los datos exactos y cómo reacciona la planta a cada acción, ven su utilidad de manera inmediata", añade. Lo importante, sostiene, no es sólo saber lo que está pasando en cada momento, lo verdaderamente valioso es ser capaz de anticiparse y hacer predicciones y simulaciones de lo que va a pasar o lo que se va a necesitar.

Para el responsable de Hispatec, el agricultor del futuro será "un profesional con más datos, más seguro de su producción y con menor incertidumbre acerca de la producción y la cosecha. La tecnología le ayudará a implementar un consumo más inteligente y dejarse llevar menos por intuiciones que sólo suponen una limitación".



José Luis Estrella, director general de Hispatec.



Ángel R. López Sánchez, astrofísico. A los 13 años dio su primera charla sobre astronomía. Fue ante su familia y desde entonces no ha parado. Para el astrofísico andaluz Ángel R. López Sánchez (Córdoba, 1976) la divulgación es una parte muy importante de su vida. En 1990 se unió a la Agrupación Astronómica de Córdoba con la que ha participado en numerosas actividades divulgativas y de astronomía amateur. Una pasión, la de hablar y escribir sobre astronomía, que le acompaña desde sus años de estudiante en la Universidad de Granada, pasando por el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y que le ha llevado hasta Sídney, donde reside con su familia. Llegó a Australia en 2007 con un contrato para tres años. Trabaja desde 2011 en el Observatorio Astronómico Australiano (AAO) e imparte clases de Física y Astrofísica de la Universidad de Macquarie. En 2003 puso en marcha su blog de divulgación 'El Lobo Rayado' sobre Astronomía, Astrofísica y Ciencia en general, que complementa con sus blogs en inglés y en la red Naukas. Desde agosto de este año su faceta divulgadora se ha consolidado gracias a su nuevo cometido como jefe de comunicación científica del AAO.

Fuente: Luz Rodríguez
Asesoría Científica: Ángel R. López Sánchez

“NOS HACEN FALTAN MÁS INVESTIGADORAS QUE SIRVAN DE MODELO PARA QUE LAS CHICAS SE SIENTAN IDENTIFICADAS”

Desde Córdoba a Granada, después a Canarias, y desde hace una década vive y trabaja en Sídney. ¿Qué le llevó a un país tan lejos de su tierra natal?

En 2003 vine a Australia a un congreso internacional y me quedé alucinado con lo que se estaba haciendo aquí y con su forma de vida. Me puse en contacto con astrofísicos del Instituto de Radioastronomía de la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) con el fin de observar el gas difuso que hay en galaxias cercanas. Esta era la parte interesante que me faltaba de mi investigación.

Me vine en 2007 con un contrato de tres años y en 2011 me incorporé al Observatorio Astronómico Australiano (AAO) y a la Universidad de Macquarie.

¿Qué trabajo desempeña en el Observatorio?

Doy soporte al Telescopio Anglo-Australiano (AAT). Los instrumentos y las instalaciones que tenemos son muy especializados y viene gente de todo el mundo a observar. Soy uno de los especialistas en utilizar los instrumentos y en ayudar a todos los que vienen a

conseguir sus observaciones. Esto lo comparto con mi faceta como docente en la Universidad de Macquarie.

A esto se suma, también, su trabajo como investigador. ¿Cuál es tu campo de estudio?

Mi investigación está dedicada a intentar entender cómo se forman las estrellas en galaxias cercanas y cómo evoluciona la composición química de las galaxias. Intentar entender mejor la formación de las galaxias, particularmente, en esas que se llaman galaxias ena-

nas, mucho más pequeñas que la Vía Láctea pero que tienen mucha formación estelar. Las que llamamos 'galaxias starbursts' son como nebulosas gigantes. Este tipo de galaxias tienen mucha importancia, ya que son parecidas a las primeras que se formaron al inicio de los tiempos. Lo que yo hago es combinar datos de telescopios ópticos, de radiotelescopios y de telescopios espaciales, como decimos los astrónomos, del tipo multifrecuencia.

Pero sin duda una gran parte de su tiempo personal y profesional lo dedica a la divulgación. Antes por vocación y ahora porque está incluido en su contrato. ¿Qué labores desempeña con este nuevo cometido?

Actualmente soy jefe de comunicación científica del AAO. Siempre me ha gustado hablar a los demás sobre astronomía. Antes lo hacía en mi tiempo libre, pero ahora se me reconoce como parte de mi trabajo, desde hace unos años con el 10%, pero desde agosto, dedico el 50% del tiempo a hacer divulgación. Entre mis responsabilidades está representar al AAO, organizar eventos de divulgación, ponerme en contacto con astrónomos aficionados y colegios o participar en jornadas de comunicación científica. En ratos libres, cuando puedo, consigo seguir con mi investigación porque al final lo que cuenta son los artículos publicados. Si no tuviera vocación el ritmo de trabajo que tengo sería imposible de llevar.

Parece que algo está cambiando en este campo y tiene más reconocimiento el divulgar ciencia.

Sí, algo ha cambiado en los últimos años. Me hace gracia que compañeros que me decían, hace cinco o seis años, que no hiciera divulgación porque me quitaba tiempo



Ángel R. López durante una charla divulgativo en un centro educativo.

Divulgación científica en las calles de Sídney.



para investigar son los que ahora están saliendo en la televisión australiana como divulgadores.

Tras el descubrimiento de las ondas gravitacionales, Usted fue el encargado de elaborar la nota de prensa emitida por el AAO ya que varios astrofísicos de la institución habían participado en los estudios publicados. Como astrofísico, ¿cómo vivió ese momento tan especial?

Fue único. Me acababa de incorporar a mi nuevo puesto como comunicador. No he participado en los artículos científicos pero sí en cómo contar las cosas. Este es uno de los aspectos en los que intento ayudar a los astrofísicos. Estuve ayudando para contar la historia de una forma que se entendiera. Fue una locura... El día del anuncio tuve que estar de madrugada difundiendo la nota de prensa en redes sociales como parte de mi trabajo. Por un lado,



Ángel R. López junto a las Antenas del Australia Telescope Compact Array (ATCA), en 2008, donde trabajó como astrónomo de soporte.

fue muy emocionante porque es un gran descubrimiento, pero por otro, fue mucho trabajo al tener que coordinar a tantas personas.

Un trabajo, como divulgador, que tiene un objetivo principal, llevar el conocimiento científico a la sociedad y a todo tipo de público. ¿Cómo ve la situación en este campo?

Falta todavía mucha cultura científica y aunque hay que hacerla a todos los niveles, particularmente hay que centrarse en los niños y jóvenes que son el futuro. Son los que tienen que valorar y entender que todo lo que hay en el móvil que tienen en la mano es fruto de la tecnología y de los avances científicos y que ellos pueden ser parte de todo eso si quieren. Cuando digo niños, me refiero a niños y niñas. Nos

hacen faltar más investigadoras que sirvan de modelo para que las chicas se sientan identificadas.

Como residente en el país desde hace varios años, ¿de qué manera se relaciona la sociedad australiana con la ciencia?

Hay interés pero la actividad se concentra, principalmente, en las grandes ciudades como Sídney o Melbourne. En los pueblos del interior es mucho más difícil. Hay muchas actividades, absolutamente de todo. Las conferencias se llenan a pesar de que en casi todas hay que pagar y algunas no son baratas. Hay cierta cultura científica pero también hay parte de la sociedad australiana partidaria de la pseudociencia, defensores de la homeopatía, negacionistas del cambio climático

y movimientos anti-vacunas. Creo que es importante la educación científica. Empezar desde pequeño para que tengan capacidad crítica y pensar escépticamente. Que no se crean todo lo que le digan sin más.

¿Y su vínculos con Córdoba? ¿Los mantiene?

Hago lo que puedo... A pesar de la distancia soy el vicepresidente de la Agrupación Astronómica de Córdoba y organizo charlas y actividades. Sigo escribiendo todas las semanas una página sobre astronomía en el periódico Diario de Córdoba y participo en charlas virtuales con escolares cordobeses. Cuando estoy por allí me paso un par de días visitando colegios y dando charlas, lo que me vale la reprimenda cariñosa de mi madre, que me ve poco.

UNA NUEVA ERA PARA LA OBSERVACIÓN ASTRONÓMICA

¿QUÉ CAMBIOS PARA LA CIENCIA SUPONE QUE SE HAYA CAPTADO POR PRIMERA VEZ LAS ONDAS GRAVITACIONALES Y EL ESTALLIDO DE LUZ PRODUCIDOS POR LA FUSIÓN DE DOS ESTRELLAS DE NEUTRONES?

Fuente: Luz Rodríguez

Asesoría Científica: Alberto Castro-Tirado, Christina Thöne



Alberto Castro Tirado.

La fusión de dos estrellas de neutrones ha permitido, por primera vez, observar un objeto en luz y en ondas gravitacionales. La colaboración entre tres instalaciones dedicadas a la búsqueda y análisis de onda gravitacionales ha hecho posible detectar este fenómeno. Más de cuatro mil astrónomos de todo el mundo estudian este

evento extraordinario que ha dado ya como resultado la publicación de 77 artículos cuyas conclusiones principales fueron presentadas, el 16 de octubre en una rueda de prensa simultánea desde Washington, Garching (Alemania) y Madrid, entre otras ciudades. Tres grupos de investigación pertenecientes al Instituto de Astrofísica de

Andalucía (IAA-CSIC), con sede en Granada, forman parte de la comunidad de científicos internacionales que estudian las repercusiones y las nuevas incógnitas que este fenómeno plantea. Un reto fascinante para aquellos y aquellas investigadores que se dedican a investigar y desentrañar los misterios del Universo.

Tras siglos estudiando el universo en ondas electromagnéticas, la detección en 2015 de ondas gravitatorias abrió una nueva era en la investigación del cosmos. Ahora, un estudio internacional ha permitido, por primera vez, observar un objeto en luz y ondas gravitatorias: una fusión de dos estrellas de neutrones. Los astrónomos han podido registrar el choque de dos estrellas de neutrones por las ondas gravitacionales y por el chorro de rayos gamma, por la explosión de luz que ha generado.

“La información que aporta este evento es valiosísima”, explica Alberto Castro-Tirado, investigador principal del grupo ARAE (Astrofísica robótica y altas energías) del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) que ha contribuido con varios artículos sobre en este fenómeno. “En primer lugar, se ha confirmado, como se había predicho, que las ondas gravitacionales se propagan a la velocidad de la luz, 300.000 km/s, al igual que toda la radiación electromagnética”, indica Castro-Tirado, que añade que además, “como también se había predicho, las ráfagas de rayos gamma que duran uno o dos segundos están producidas por estas fusiones de neutrones”. Ahora pueden responderse algunas preguntas que los astrónomos se plantean desde hace décadas. “Ha sido una bellísima confirmación de las teorías que se habían puesto sobre el papel hace más de treinta años”, destaca el investigador del CSIC.

Pero, ¿qué es una estrella de neutrones? Son remanentes estelares que han alcanzado el fin de su viaje evolutivo a través del espacio y el tiempo. Nacen de estrellas anteriormente gigantes con al menos ocho veces el tamaño del Sol, hasta, más o menos, veinticinco masas solares, aunque esto depende de las propiedades de la estrella. A pesar de su pequeño diámetro (alrededor de 20 kilómetros) las estrellas de neutrones pueden presumir de contener de una a dos veces la masa del Sol, por lo que son increíblemente densas. Esto hace que, al comprimirse tanto los átomos, los electrones caigan sobre los protones del núcleo produciendo neutrones solamente, de ahí su nombre.

Cuando dos estrellas de neutrones chocan entre sí, al ser tan densas, provocan ondulaciones del espacio-tiempo, las conocidas ondas gravitacionales, pero también una potente explosión de rayos gamma. En definitiva, se producen tres procesos diferentes: Las ondas desde el mismo choque, los rayos gamma del chorro en el eje de rotación y la kilonova, que es una explosión esférica del material en el disco de acreción que se forma en el proceso del

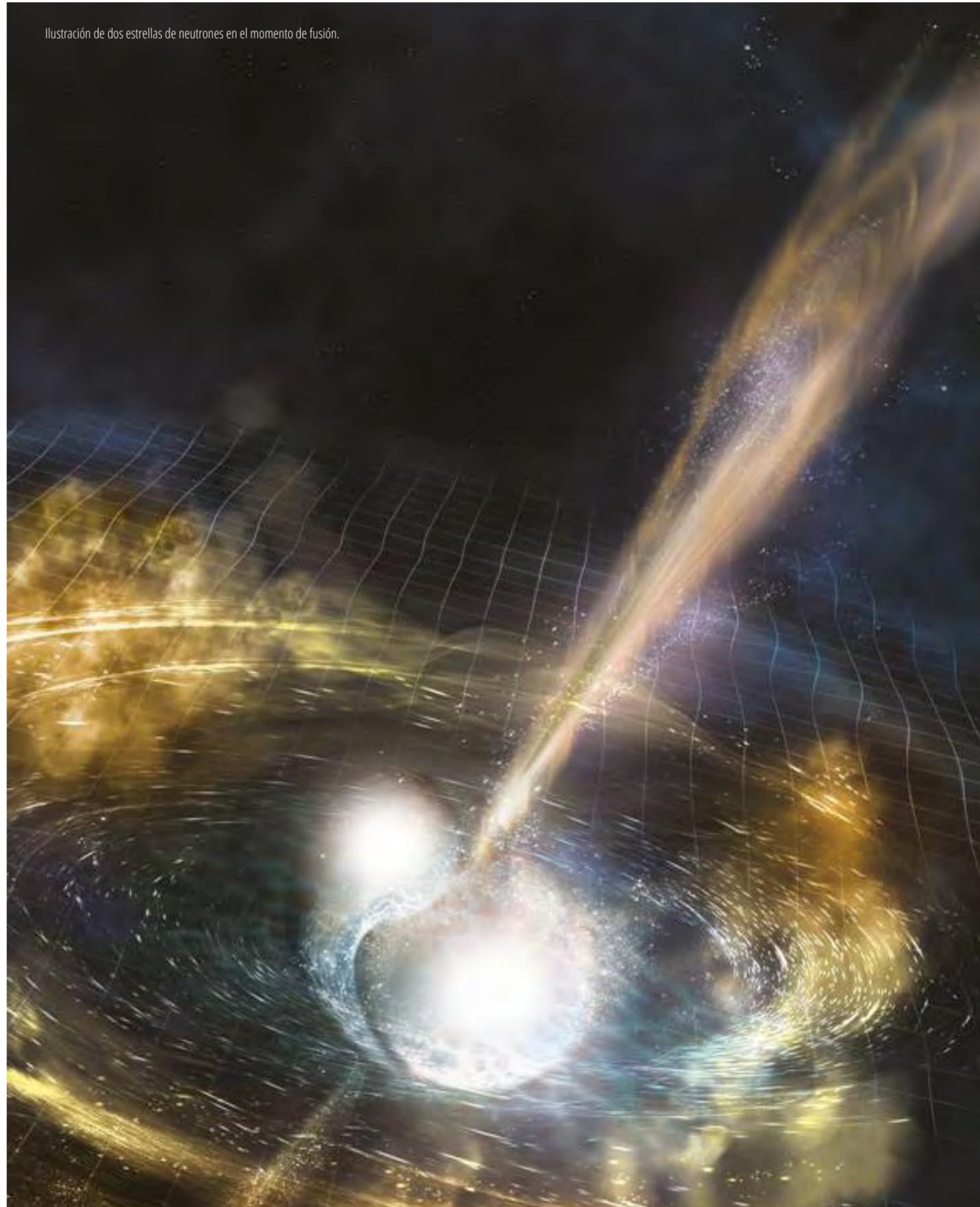


Ilustración de dos estrellas de neutrones en el momento de fusión.

choque del material de las dos estrellas, una explosión mil veces más poderosa que la de una nova y que los astrónomos no habían podido observar hasta ahora de manera tan detallada.

“Este es el primer espectro de una kilonova que se ha podido observar y hemos visto que los elementos pesados salen despedidos al 20% de la velocidad de la luz, mucho más rápido que durante una supernova”, explica Christina Thöne, investigadora principal del grupo HETH (Fenómenos Transitorios de Alta Energía y su Entorno) del IAA-CSIC que participa en cinco artículos sobre este evento.

Este fenómeno ha permitido, además, establecer una relación clara entre la fusión de estrellas de neutrones y la producción de elementos químicos. Prácticamente todos los elementos químicos que se conocen tienen un origen astronómico y se produjeron bien en etapas muy próximas a la Gran Explosión (el ‘Big Bang’), en las que se formaron el hidrógeno y el helio, o bien en las estrellas, tanto a través de la fusión de elementos en el núcleo (que producen carbono, nitrógeno o hierro) como a través eventos explosivos (en los que se generan el plomo o el cobre). “Ya podemos decir que, prácticamente, la mitad de los elementos más pesados que el hierro pueden explicarse perfectamente por numerosas fusiones de sistemas binarios de estrellas de neutrones que han ido teniendo lugar en los últimos cientos y miles de millones de años en muchas galaxias”, explica Alberto Castro-Tirado. “Esto es sorprendente. El oro que algunas personas llevan en sus joyas se ha formado en estas colisiones de estrellas de neutrones hace muchísimo tiempo”, comenta con fascinación.

El encuentro

El eco del encuentro entre estas dos estrellas llegó el 17 de agosto al Observatorio de detección de ondas gravitacionales LIGO (*Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory*) a sus dos detectores ubicados en EE.UU. Otro detector de ondas gravitacionales, Virgo, situado en Italia, ha colaborado en la observación de este fenómeno, denominado como “evento transitorio de ondas gravitatorias GW170817”. Lo más relevante es que 1,7 segundos tras la detección, el satélite científico Fermi observó en la misma región del cielo el brote de rayos gamma GRB 170817A^a. La fuente se ha localizado en la galaxia elíptica NGC 4993, en la constelación de Hidra, a unos 130 millones de años luz de la Tierra. A esta nueva manera de hacer astronomía combinando datos de fuentes complementarias se la empieza a conocer como astronomía multi-mensajero.

“Hemos unido dos campos muy diferentes. El de las ondas gravitacionales, por un lado y el del estudio de cualquier tipo de luz en el universo, por otro. Por primera vez hemos detectado un evento que se ha observado en ambos campos, el de la gravedad y el de las interacciones electromagnéticas. De las cuatro fuerzas de la naturaleza (electromagnetismo, gravitación, fuerza débil y fuerza fuerte), se ha detectado el evento con dos mensajeros de fuerzas naturales al mismo tiempo”, indica Thöne.

Según explica la investigadora del IAA, “este evento fue tan especial porque, por ejemplo, en la fusión de agujeros negros los modelos dicen que no se produce ningún tipo de explosión en rayos electromagnéticos o es tan débil que no se puede registrar. Desde los agujeros negros no sale ninguna energía, ni materia y cuando se fusionan todavía menos. Aunque esta no es la razón”, matiza la astrofísica. “Hay agujeros negros que se ha detectado de manera indirecta a través de radiación que sale del discos de acreción (p.ej.



Christina Thöne.

si están en un sistema binario). La cuestión es que estos agujeros negros que se han detectado hasta ahora (de 20-30 masas solares) ya tienen bastante años. Son dos y, probablemente, no tienen otra estrella o mucho material alrededor, porque se ha vaciado el espacio entorno a ellos. Entonces queda poco material que pueda dar luz a una explosión, porque desde los mismos agujeros no sale nada, no se deforman como ocurre cuando se fusionan de dos estrellas de neutrones. Estas, cuando se juntan, se deforman y expulsan materia”, indica la experta.

Esto da lugar a una explosión que se puede observar también en el campo electromagnético. “Nuestro modelo fue que, precisamente, esta fusión podría dar luz. Ahora tenemos la relación directa entre la fusión de dos estrellas de neutrones y un evento de los rayos gamma”.

Algunas respuestas y nuevas preguntas

Los programas para observar este tipo de eventos continúan y según opinan los expertos van a tener mucho éxito en

el futuro. Actualmente el objeto se encuentra detrás del Sol y no reaparecerá hasta diciembre. Una nueva oportunidad para seguir estudiándolo. “Puede ser que podamos detectar el resto de la explosión o también indagar sobre una cuestión de la que no tenemos respuesta, todavía no sabemos qué se ha formado al final. No sabemos si el resultado es una estrella de neutrones o un agujero negro”, se pregunta Christina Thöne.

“El reto se centra en sumar más detecciones de fuentes de ondas gravitatorias pero también en hallar sus contrapartida lumínica”, aporta Alberto Castro-Tirado.

La detección de onda gravitacionales supone un antes y un después en el campo de la astronomía y una avance muy importante en la investigación del universo. Así lo ha considerado la Academia de las Ciencias sueca concediendo el Nobel de Física 2017 a los científicos que detectaron por primera vez las ondas gravitacionales en el laboratorio estadounidense LIGO. Ra-

iner Weiss (Berlín, 1932), Barry C. Barish (Omaha, EEUU, 1936) y Kip S. Thorne (Logan, EEUU, 1940) son los tres investigadores galardonados por un logro científico que ha involucrado a más de mil investigadores de 20 países en los últimos años. Los tres científicos han sido galardonados este año con el Premio Princesa de Asturias de Investigación.

A LIGO y Virgo se le suman otros detectores. India y Japón están construyendo, actualmente, otros interferómetros que también se dedicarán a estudiar ondas gravitacionales y que entrarán en funcionamiento en los próximos años. La misión de la Agencia Espacial Europea (ESA) LISA lo hará desde el espacio en la década de 2030.

Para Alberto Castro-Tirado, “está claro que los científicos vamos a descubrir objetos nuevos que ahora mismo ni siquiera imaginamos. Hemos tenido la gran fortuna de estar viviendo un tiempo en el cual hemos visto la emergencia de un nuevo campo de investigación que nos va a deparar muchas sorpresas”.

EN EL PRÓXIMO NÚMERO...



Ruinas de Baelo Claudia en Bolonia, Tarifa.

Mirador: Año Europeo del Patrimonio Cultural 2018.



Adelaida de la Calle.

Perfil: Adelaida de la Calle, presidenta de la Corporación Tecnológica de Andalucía.



Agua como recurso.

Respuestas: Cómo la ciencia administra el recurso del agua.

EQUIPO

DIRECCIÓN CIENTÍFICA | CONSEJO EDITORIAL

EUGENIO DOMÍNGUEZ VILCHES

edominguez@uco.es

DIRECCIÓN EDITORIAL | CONSEJO EDITORIAL

JOSÉ MARÍA MONTERO SANDOVAL

CONSEJO EDITORIAL

TERESA CRUZ SÁNCHEZ

teresa.cruz@fundaciondescubre.es

FRANCISCO MANUEL SOLÍS CABRERA

francisco.com.solis@juntadeandalucia.es

CAROLINA MOYA CASTILLO

carolina.moya@fundaciondescubre.es

MIGUEL DELIBES DE CASTRO

MAR GARCÍA GORDILLO

GEMA REVUELTA DE LA POZA

COORDINACIÓN DE CONTENIDOS

MIGUEL CARRASCO TELLADO

miguel.carrasco@fundaciondescubre.es

COORDINACIÓN DE VERSIÓN DESCARGABLE

JOSÉ TEODORO DEL POZO CRUZ

redaccion@fundaciondescubre.es

REDACCIÓN

Clara Janés

José Teodoro del Pozo

Luz Rodríguez

María Ruiz

José María Montero

HAN COLABORADO...

Clara Janés

Francisco Herrera

Pedro García

Laura María Roa

Elvira Salazar

Alfonso Vargas

Belén de Rueda

José Miguel Díaz

Francisco Perujo

José Luis Estrella

Ángel R. López

Alberto Castro

Christina Thöne

Miguel Carrasco

Mila Soriguer

Luis Silva

José Carlos García

Julián Blasco

José María Montero

DISEÑO

Daniel López Martínez

Revista iDescubre

<https://idescubre.fundaciondescubre.es>

ISSN 2444-6920

REVISTA FUNDADA EN 2015

Edita:



ENCONTRARÁS EN DESCUBRE

