



Revista de divulgación científica

REVISTA IDESQBRE

Marzo 2018 | Nº10

EDITORIAL



REVISTA IDESQBRE

La ciencia se moldea con los mismos materiales con los que se construye la más apasionante de las hazañas o el más fabuloso de los sueños. En ese territorio que algunos contemplan con la indiferencia, o el miedo, que nos provoca lo incomprensible hay enormes dosis (ocultas) de aventura, acción y misterio. Stephen Hawking supo conducirnos a los escenarios más complejos de la física poniendo el acento en esas virtudes tan cinematográficas, revelando ese guión donde la ciencia es la protagonista de una gran epopeya, la heroína de una odisea, repleta de incógnitas, que habla de nuestro propio origen y de nuestro incierto destino.

Hawking aseguraba que la ciencia no es sólo “una disciplina de razón, sino también de romance y pasión”. Su propia vida fue un ejemplo de esa contagiosa vitalidad

con la que igual se enfrentaba al reto de una nueva ecuación, capaz de ayudarlo a resolver la teoría del todo, que sorteaba los estragos de una enfermedad a la que burló en sus peores pronósticos.

Aún atrapado por la esclerosis, prisionero de una silla de ruedas y esclavo de un sintetizador de voz, Hawking fue un seductor, el más libre y elegante de los seductores, ese que nos cautiva, como un Cyrano contemporáneo, sin más barreras que las que dibuja el ingenio. ¿De qué otra manera puede explicarse el fenómeno editorial de aquella ‘Breve historia del tiempo’ de la que se han vendido más de 9 millones de ejemplares? ¿Cuántas personas se acercaron por vez primera a la divulgación científica gracias a aquel libro que nos llevaba del Big Bang a los agujeros ne-

gros? ¿Cuántas vocaciones científicas nacieron de sus escritos o de sus conferencias?

De Hawking nos gustaba esa manera tan mediática de acercarse a la ciencia más árida. Algunos puristas criticaban ese gusto por el espectáculo, pero lo cierto es que el espectáculo ya estaba en la ciencia y él sólo se ocupó de revelarlo. Y claro, necesitó un discurso apasionado, un relato en el que no faltaran ni el humor ni el amor, como en las mejores películas. Quizá esa difícil combinación de sentimientos y razones, sin acudir al recurso fácil de alguna divinidad todopoderosa, esa mezcla de corazón inquieto y cerebro privilegiado, sea la única manera (humana) de entender el universo, de entendernos a nosotros mismos, de entenderlo todo.



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 CIENCIA QUE ESCONDE EL PATRIMONIO CULTURAL ANDALUZ

Involucrar más estrechamente a la ciudadanía con su legado patrimonial es el objetivo del Año Europeo del Patrimonio Cultural 2018 que bajo el lema 'Nuestro patrimonio: donde el pasado se encuentra con el futuro' se celebra este año en Europa. Andalucía posee en este sentido un amplio y rico patrimonio cultural que la ciencia ayuda a conocer, preservar y conservar. El trabajo que desempeñan en la comunidad andaluza los investigadores e investigadoras permite acceder a un legado muy variado que va, por ejemplo, desde la historia sumergida en las aguas de la costa de Andalucía hasta los microorganismos presentes en la arquitectura del agua de la Alhambra.

Fuente: Luz Rodríguez
Asesoría científica: Manuela Reina de la Torre, Carmen García Rivera

Diagnóstico y tratamiento de las microalgas.



Restauración con la patente de mortero en la Alhambra.

El patrimonio cultural se manifiesta de diversas maneras. Puede ser material, como es el caso de los edificios, monumentos o yacimientos arqueológicos; inmaterial, como ocurre con las representaciones, conocimientos, lenguas, tradiciones orales y habilidades, o natural, como el paisaje, la flora o la fauna. Tras la irrupción de las nuevas tecnologías, se suman al patrimonio nuevos formatos, como el arte o animación digital, o la

digitalización para la conservación de textos, imágenes, vídeos, discos, etc. Conocerlo, respetarlo y preservarlo se hace necesario para que no se pierda y siga formando parte de la identidad de los pueblos.

En este contexto, la Alhambra, una de las joyas del patrimonio cultural andaluz, aborda entre sus tareas prioritarias su protección y conservación. El ente encargado

de esta importante tarea es el [Patronato de la Alhambra y Generalife](#), que tiene entre sus principales funciones el fomento de la investigación como medio fundamental para una correcta conservación, gestión y difusión de su patrimonio.

Para Manuela Reina de la Torre, historiadora y diplomada en Biblioteconomía y Documentación por la [Universidad](#)

de Granada al frente del Servicio de Investigación y Difusión del Patronato hasta hace unas semanas, "la investigación en la Alhambra juega un papel fundamental, al igual que viene siendo en otros ámbitos y/o espacios culturales; no sólo en la conservación preventiva, sino también en la restauración de bienes patrimoniales. Por ejemplo, el uso de tecnologías informáticas cada vez más precisas nos aporta datos que permiten profundizar o descartar la utilización un determinado material o técnica. La investigación es constante y creciente, pues cada vez hay más información para su desarrollo, es obvio, por tanto, que se descubran materiales, aparatos, procedimientos que contribuyan de manera favorable a la preservación del Conjunto Monumental de la Alhambra".

Para llevar a cabo esta tarea, el Patronato de la Alhambra cuenta con un Servicio de Investigación y Difusión encargado de promocionar y gestionar la investigación en el Conjunto Monumental, que recibe solicitudes y propuestas de investigadores de diferentes ramas del conocimiento como las artes y humanidades, ciencias, ciencias sociales, ingenierías, etc. pertenecientes a diferentes universidades, centros de investigación, empresas del patrimonio, etc., tanto nacionales como internacionales.

A la Alhambra acuden investigadores individuales o procedentes de instituciones (universidades, CSIC...) que investigan en campos muy variados, desde cómo afecta a la piedra un virus que se desarrolla en el agua de las plantas, el ruido o la temperatura, los materiales investigaciones históricas documentales y por supuesto, investigaciones sobre flujos turísticos.

Entre las principales líneas de investigación en la Alhambra destacan la historia política, artística y arquitectónica del monumento; problemas técnicos y prácticos de la conservación, restauración y rehabilitación; aplicaciones, diseño y materiales de conservación; temas relacionados con el agua y su abastecimiento; el paisaje cultural de la Alhambra; el papel de la Alhambra en el orientalismo moderno: la gestión patrimonial; el turismo sostenible; las nuevas tecnologías, etc.

Esta apuesta por la investigación ha dado sus frutos. El Patronato de la Alhambra cuenta con una patente propia, un nuevo mortero para restauración con propiedades fluorescentes, visible únicamente con la radiación de luz ultravioleta y que lleva el nombre de 'Procedimiento de Reconstrucción de Obras Artísticas'. Lo ha desarrollado el equipo del Taller de Restauración de Yeserías y Alicata-

dos de la Alhambra y se utiliza en todo tipo de reconstrucciones volumétricas y como base de reintegraciones cromáticas, barnizados, resinas protectoras y patinados sin perder sus propiedades bajo la luz ultravioleta. Este mortero con propiedades fluorescentes permite restaurar monumentos o piezas artísticas sin que las modificaciones se perciban a la vista. El método, que ya ha sido utilizado en la restauración de yeserías de la Alhambra, puede aplicarse a toda clase de obras.

Por el monumento no sólo pasan turistas, sino también numerosos investigadores procedentes de todo el mundo que pueden acceder a diferentes recursos para llevar a cabo su investigación como el Archivo y Biblioteca, el Museo de la Alhambra, el repositorio RIA (Recursos de Investigación de la Alhambra) o el apoyo del personal de talleres de conservación y restauración del patrimonio. “Hay dos tipos de investigadores -explica la historiadora- los particulares que vienen a hacer uso de los fondos del Patronato para desarrollar sus investigaciones y aquellos otros auspiciados o financiados por la Alhambra. En este caso hay un convenio de colaboración con la entidad a la que pertenecen, con una financiación en colaboración y unos resultados para ambas instituciones. Unos y otros sólo necesitan el carné de investigador”, añade.

Pero para preservar este patrimonio también es necesario estudiar y conocer lo que puede dañarlo. “La principal amenaza es precisamente también su principal medio de existencia: el turismo. Los estudios que se están realizando



Investigadora consultando legajos en el archivo de la Alhambra.

actualmente van orientados a paliar su afectación negativa”, destaca Manuela Reina. Y para conservar y preservar hay que conocer. Por ello, la divulgación del conocimiento generado en la Alhambra es otra de las prioridades que se llevan a cabo a través de la difusión en publicaciones, la celebración de seminarios organizados por la Escuela Alhambra y actividades culturales, así como exposiciones. A ello se unirá, además, la puesta en marcha del programa ‘DivulgAlhambra’ junto a la Fundación Descubre, con la creación de un portal web con noticias, artículos, entrevistas, un quiosco APP, exposiciones virtuales, así como con la participación en diferentes ferias de la ciencia en Andalucía y la organización y celebración de un evento

anual sobre divulgación de la Alhambra y el patrimonio con itinerarios científicos, talleres, charlas y conferencias, rutas científicas en aplicaciones móviles, publicaciones y otras experiencias científicas.

Patrimonio subacuático

Bajo las aguas andaluzas se esconde buena parte de la historia de Andalucía, la que está vinculada con su pasado marítimo y al papel que ha jugado en la navegación a lo largo de los siglos, desde fenicios y romanos, pasando por las relaciones comerciales con América hasta la Edad Contemporánea.

Andalucía cuenta con el [Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico](#), un organismo cuyos fines son la intervención, investigación e innovación, documentación, comunica-

ción y desarrollo del patrimonio cultural en el marco de los planes de investigación, desarrollo e innovación de la Junta de Andalucía. Agencia pública desde 2007 y acreditado como instituto de investigación desde 2011, su sede central está ubicada en el monasterio de la Cartuja de Santa María de las Cuevas en Sevilla. Por su parte, en el Balneario de Nuestra Señora de la Palma y el Real de Cádiz, situado en la popular y gaditana playa de la Caleta se encuentra la sede del [Centro de Arqueología Subacuática \(CAS\)](#), dependiente del IAPH.

Es en este edificio emblemático de principios del siglo XX donde un grupo multidisciplinar de especialistas formado por arqueólogos, documentalistas, restauradores, químicos, y otros profesionales trabajan con el fin de descubrir la historia que encierra el patrimonio arqueológico subacuático. Desde el año 1997 existe un servicio especializado en labores de investigación, protección, conservación y difusión del patrimonio cultural subacuático. Cuenta con instalaciones específicas destinadas a la restauración de piezas metálicas, cerámicas y de madera, así como una zona común dedicada al lavado, consolidación e impregnación de grandes piezas.

Investigador del CAS, con un detector de metales.



Para la responsable de este centro, Carmen García Rivera, la arqueología subacuática “es una disciplina científica que busca fundamentalmente avanzar en el conocimiento de nuestra historia. La única diferencia que puede existir entre la arqueología terrestre y la subacuática es el medio en el que se encuentran los restos”.

El CAS se concibe con el objetivo de abarcar un ciclo completo que se inicia con la documentación, continúa con la protección, intervención y conservación, y que culmina con la difusión de los resultados obtenidos a lo largo de todo el proceso. “La verdadera riqueza que tenemos bajo las aguas no es el oro y la plata, sino la información histórica que los yacimientos proporcionan”, destaca García Rivera, historiadora y experta en arqueología subacuática.

Para “excavar” un yacimiento, y mucho más en agua, previamente se tiene que realizar una labor exhaustiva de documentación. El primer paso es la relación del proyecto de carta arqueológica. “Inicialmente contamos con documentalistas en el centro que ‘bucean’ en los papeles para llegar a una hipótesis de trabajo -explica Carmen García- se analizan las fuentes documentales para ver

qué información aportan sobre naufragios. Por ejemplo, tenemos una fuente que recoge que el navío San Francisco Javier, entrando en Cádiz, es atacado por una nave inglesa frente a la playa de Levante. Podemos establecer, entonces, un área en la que se pudiesen localizar esos restos. Es con esta información con la que vamos al agua para comprobar si aún quedan evidencias de este suceso”.

A partir de esta fase entran en el proceso los arqueólogos, que no sólo llevan adelante la excavación sino que, junto con los abogados, son los encargados de proponer qué figura de protección de ese patrimonio es la más idónea. “Intentamos protegerlo jurídicamente, con el fin de defenderlo no sólo del expolio sino también de actividades legítimas que pueden afectarlo, como obras o dragados que se puedan realizar en el entorno”, resalta la directora del Centro.

En paralelo, juegan un papel fundamental los restauradores o químicos encargados de la delicada tarea de tratar y conservar esos objetos que han permanecido largos periodos de tiempo bajo el mar. Y es que los restos arqueológicos de procedencia subacuática, especialmente los compuestos de hierro y madera, son muy difíciles de conservar. Es un proceso muy complejo y delicado cuyo objetivo prioritario es mantener intacto, en la medida de lo posible, el estado original de la pieza. “Utilizamos en la madera técnicas, como la impregnación, pero hemos empezado a utilizar otras más novedosas, como la plastinación, que tiene por finalidad sustituir el agua del interior de la madera arqueológica de procedencia subacuática, fuertemente hidrolizada, por aceite de silicona”, indica García Rivera. En este sentido, explica que han realizado experimentos con trozos pequeños de madera tratados y sin tratar. “El que no ha sido tratado pierde volumen y toda su estructura”, añade.

Estopa de cabos tras su plastinación.



En su apuesta por la investigación y la utilización de nuevas técnicas para la conservación del patrimonio, el Centro cuenta con proyectos de colaboración como el que llevó a cabo con el Departamento de Química Analítica de la Universidad de Málaga (UMA). Es el caso del proyecto LIBS o espectroscopia de plasmas inducidos por láser, una de las pocas técnicas de análisis químico que permite la caracterización “in situ” del patrimonio su-

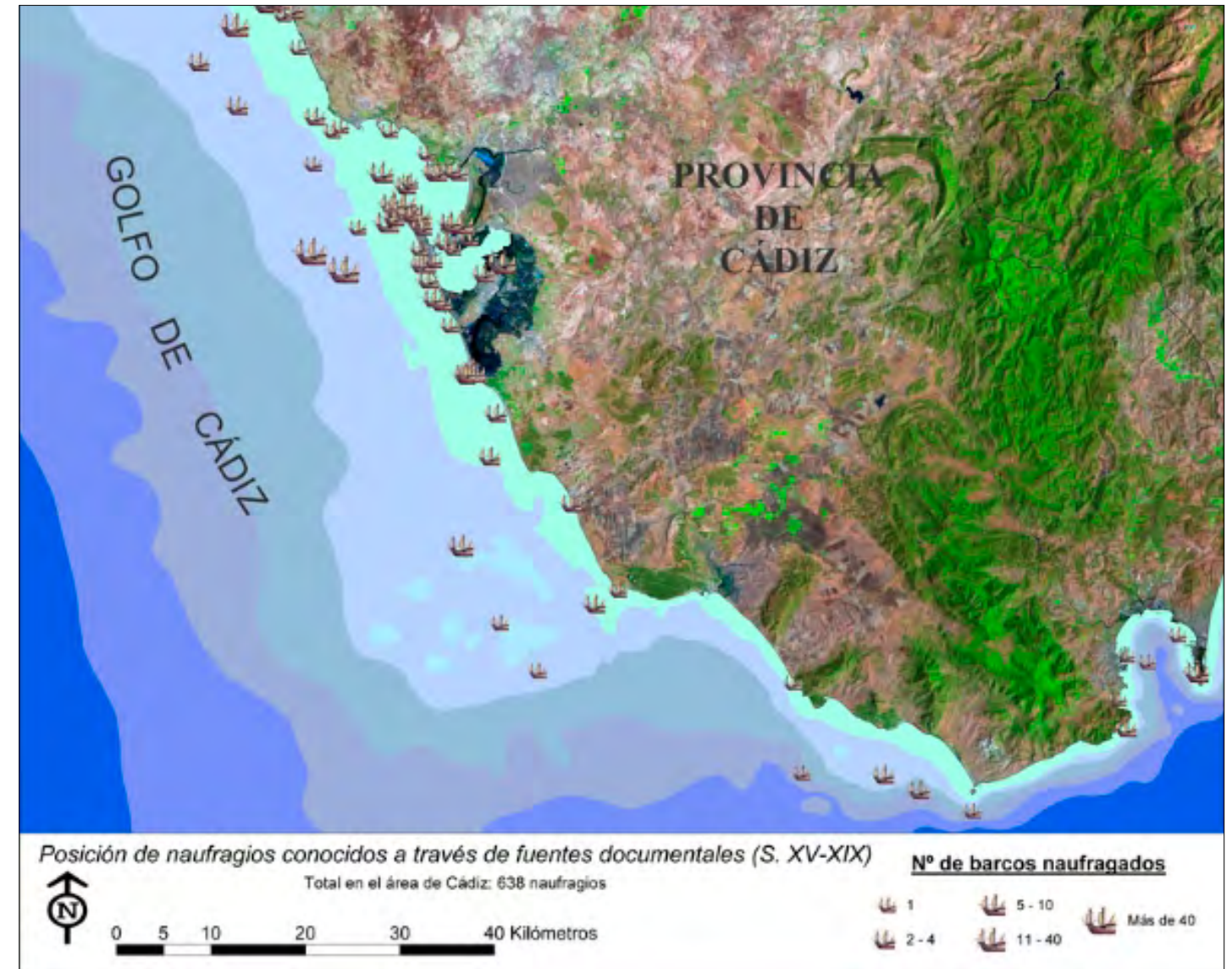
mergido. La utilidad de LIBS en arqueología ha sido ampliamente demostrada, permitiendo el diseño de equipos remotos. “Esta técnica nos permite caracterizar la pieza y conocer, de forma cuantitativa y cualitativa, los materiales que la componen. Así podemos saber qué medidas hay que tomar si quiero conservarlo in situ, bajo el agua”.

Tras alcanzar un tiempo sumergida, la pieza llega a un cierto equilibrio. “Aunque podamos creer que vamos a ver un cañón en el fondo del mar perfectamente identificado, esto no es cierto. La mayor parte

de las veces parecen rocas”, indica. Esos cañones están cubiertos de una concreción calcárea y es eso mismo lo que le defiende del medio. “Los ‘cazatesoros’ precisamente rompen esa capa para comprobar si el cañón es de hierro o bronce y eso rompe el equilibrio al que ha llegado la pieza sumergida y que la protege”, añade.

Una amenaza conocida y un reto por cumplir

Para García Rivera, las principales amenazas que se ciernen sobre el rico patrimonio sumergido de Andalucía son el expolio y determinadas actividades legítimas. El desarrollo de las nuevas tecnologías permite que se acceda fácilmente al patrimonio arqueológico subacuático. Los sonares o los robots articulados para trabajar bajo el agua permiten acceder más fácilmente a los restos sumergidos a grandes profundidades. “Anteriormente,



Naufragios en el Golfo de Cádiz.

el expolio era puntual, llevado a cabo principalmente por buceadores locales. Ahora las grandes multinacionales de ‘cazatesoros’ se acercan a los yacimientos buscando el beneficio económico y eso acaba destruyéndolos de una forma irreparable, al tiempo que se pierde toda la información que contienen”.

Por su parte, las obras de dragados, las regeneraciones de playas o las instalaciones de parques eólicos son algunas de esas actividades legítimas que pueden afectar al patrimonio sumergido. “Somos conscientes de que muchas de esas obras son necesarias para el desarrollo económico y social de algunas localidades. Hay que hacerlas pero es necesario hacer compatible la protección del patrimonio arqueológico subacuático con su ejecución”, destaca García Rivera, y añade que “el CAS actúa como asesor de las delegaciones de Cultura correspondiente informando de la existencia de posibles pecios en la zona donde

está proyectada la actuación”. Con esa argumentación arqueológica se establecen diferentes niveles de cautela (prospección geofísica, sondeos de la zona, reconocimiento por parte de arqueólogos buceadores en función de la obra a ejecutar y de la información que tenemos.

Para Carmen García, la gran cuenta pendiente de la arqueología submarina es la difusión. Andalucía no tiene actualmente un museo que muestre y explique ese patrimonio cultural. “No hemos sido capaces de llegar al gran público porque nuestro mensaje, el real, es menos atractivo que el que tradicionalmente nos ha llegado de los naufragios a través de las películas”, lamenta. García Rivera expresa un reto para el futuro: concienciar al público de que el valor real de lo que esconden las naves hundidas en el fondo del mar no está en las monedas de oro o plata, sino en la información que proporcionan acerca del pasado.



Fernando Bolívar Galiano / Foto: Gaetano Alfano.

Fernando Bolívar Galiano.
Biólogo y doctor en Bellas Artes por la Universidad de Granada.

“LA BIOTECNOLOGÍA PUEDE OFRECER NUEVOS RECURSOS PARA LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO DE LA ALHAMBRA”

El proyecto VIRARTE surge en 2015 con la intención de reactivar los trabajos ya realizados por una parte del equipo actual en la Alhambra desde hace 25 años. Bioquímicos, ingenieros químicos, farmacéuticos y geólogos se han sumado a biólogos y restauradores para implementar las posibilidad de desarrollar nuevos métodos de diagnosis y tratamiento del biodeterioro sufrido por las fuentes, surtidores, arcaduces y albercas del conjunto monumental de la Alhambra, que provoca enormes gastos al Patronato, tanto de mantenimiento como de restauración. Lidera el proyecto el biólogo Fernando Bolívar Galiano, doctor en Bellas Artes por la Universidad de Granada y catedrático de Biodeterioro en el Grado de Restauración y de Pintura en el Grado de Bellas Artes.

¿Qué es el biodeterioro y cómo afectan los microorganismos y los agentes biológicos a los bienes culturales?

El biodeterioro es todo cambio de un material mediatizado por organismos vivos, tanto los producidos por los vegetales y los animales, como por los microorganismos. Los más conocidos son los efectos de las carcomas, polillas, roedores y palomas. Además de alteraciones cromáticas y estéticas, los microorganismos provocan cambios químicos y físicos en los materiales inorgánicos donde actúan. Uno de los más importantes procesos es la formación de biopeículas, tapetes y costras minerales, y la contribución en el mal de la piedra. En los bienes orgánicos, como la madera, los textiles, el papel, etc., actúan de manera química y mecánica y

pueden producir la total destrucción con la colaboración de los insectos y otros animales.

¿Cómo puede ayudar la ciencia a preservar el patrimonio cultural?

Conocer las especies y sus capacidades de alteración de los materiales nos posibilita la búsqueda de los mejores métodos para combatirlas. La ciencia también interviene en el proceso de diseño y fabricación de los productos de conservación.

¿En qué consiste el proyecto que lleva a cabo en la Alhambra sobre diagnosis y tratamientos de microalgas presentes en la arquitectura del agua?

Las microalgas y otros organismos han demostrado su capacidad de

resistencia a los tratamientos tradicionales y hemos constatado que estos productos químicos no sólo no los exterminan si no que provocan daños aún mayores en los materiales a conservar y en el entorno natural de los mismos. Nuestro proyecto consiste en el estudio y control del biodeterioro de infraestructuras artísticas hidráulicas (fuentes, surtidores, arcaduces y albercas) por la acción de microorganismos fotosintéticos (cianobacterias, diatomeas, algas verdes y líquenes). Es una realidad bien conocida que puede ser tratada con diversos métodos de limpieza física, química y biológica, pero esta última es la menos desarrollada hasta el momento.

La biotecnología, entonces, juega un papel importante en la protección del patrimonio de la Alhambra...

La biotecnología puede ofrecer nuevos recursos para la conservación. Nuestra propuesta es usar un novedoso método biológico: la “terapia fágica” para eliminar o atenuar los efectos nocivos de las microalgas sobre el patrimonio arquitectónico del conjunto monumental de la Alhambra.

En síntesis, estamos estudiando la presencia de diferentes fagos (virus que atacan a las bacterias) en las especies más activas en el biodeterioro del conjunto monumental, identificarlos y caracterizar su estructura mediante cultivos en laboratorio y aplicarlos finalmente de forma específica a las comunidades biológicas que afectan este patrimonio. Un método biológico con antagonistas naturales que supondría una gran revolución sobre los métodos que se vienen utilizando en este tipo de materiales culturales.



Fernando Bolívar y su equipo trabajando en el proyecto sobre microorganismos en las fuentes y acequias de la Alhambra / Foto: Manuel Calero.

¿En qué fase se encuentra actualmente el proyecto?

Estamos en el segundo trimestre del segundo año de los tres primeros años concedidos. Hemos terminado la fase de dotación y puesta a punto de laboratorios, diseño de protocolos, obtención de muestras y elaboración de cultivos. El proyecto VIRARTE ha sido concedido por el Plan Nacional de Investigación del Ministerio de Economía Competitividad y gracias al apoyo del Vicerrectorado de Investigación y Transferencia de la UGR. Además se ha complementado con un proyecto financiado por el Patronato de la Alhambra y por la reciente concesión del Premio del Consejo Social de la UGR a la Unidad de Excelencia 'Ciencia en la Alhambra', creada para incentivar la solicitud de nuevos proyectos que integran a mayor número de investigadores tanto

científicos como de humanidades. En el plano internacional contamos con la participación de instituciones de gran prestigio, como la Smithsonian Institution, con sede central en Washington DC; el Instituto Sbarro, con sede en la Temple University de Philadelphia, y el Consiglio Nazionale delle Ricerche, en Florencia.

¿Cómo está ayudando la ciencia a la preservación de un conjunto monumental tan importante como la Alhambra?

La ciencia está empezando a ayudar a la conservación de la Alhambra desde hace relativamente poco tiempo. Con anterioridad, las actuaciones eran exclusivamente técnicas y artesanales siguiendo los criterios intuitivos de los responsables del momento. No se han realizado demasiadas tesis doctorales y de hecho, la defendida por



Fernando Bolívar, en el laboratorio.

el investigador principal del proyecto se remonta a los inicios de los años 90 y fue la primera sobre biodeterioro en toda España.

Ciencia y Arte

En su trabajo investigador confluyen la química, la microbiología y el arte, ¿qué papel juega cada una de estas disciplinas en sus proyectos y qué relación se establece entre ellas?

La química es una ciencia fundamental en la que se basan otras muchas como es el caso de la microbiología. Lo que ocurre es que a la hora de los tratamientos, los químicos tienen connotaciones negativas por ser los causantes de numerosas contaminaciones medioambientales y efectos nocivos o corrosivos en los materiales artísticos. Por ello es que nos centramos en desarrollar métodos biológicos. El arte, en este caso, es la disciplina al servicio de la cual se ponen los científicos. Estamos hablando de ciencia aplicada al arte. Pero hace falta entender de arte para respetar e interpretar las obras y construcciones tanto relativas a su valor histórico y artístico a la hora de aplicar los tratamientos.

Usted es biólogo y posee una Cátedra de Pintura, ¿cómo integra estas dos facetas en su trabajo como investigador? ¿Y en la de artista?

Sí, por suerte he podido conectarlas mediante una corriente cultural interdisciplinar que hemos creado llamada Ligalismo, tanto en la investigación (no en vano esto nos hace ser líderes en publicaciones y proyectos dentro de las Bellas Artes) así como artista lo que me posibilita realizar proyectos de ilustración científica y de desarro-

llo de técnicas experimentales que difícilmente podría haberme imaginado si no fuera biólogo en activo, con todo lo que conlleva.

Y del trabajo que está desarrollando como investigador en la Alhambra, ¿qué es lo que más destaca?

El hecho de que se estén consiguiendo los objetivos específicos marcados para la primera mitad del proyecto, aunque haya sido laborioso coordinar un equipo de doce miembros y poner a punto varios laboratorios (de botánica ficológica, de ingeniería del producto, etc)

¿Y cuáles son los objetivos más destacables y novedosos de este proyecto?

Pues identificar los agentes biológicos de deterioro en el patrimonio material de las zonas expuestas a la intemperie del conjunto de la Alhambra (patios y jardines, principalmente); caracterizar, cultivar y en breve secuenciar los genomas de las especies identificadas, empleando técnicas de biología molecular; plantear productos basados en fagos u otros enemigos naturales que permitan controlar, eliminar e incluso prevenir el biodeterioro y desarrollar estrategias y protocolos de control del biodeterioro a medio y largo plazo.

Y lo más novedoso es la expectativa de obtener nuevos tratamientos que sustituyan los que se vienen utilizando en todo el mundo, que no están garantizando la permanencia de nuestro patrimonio asociado al agua. Y lo mejor es que estarán consensuados por la participación de todas las disciplinas del conocimiento relacionadas con la conservación de los bienes culturales materiales.



De izquierda a derecha, José María Montero, Sebastian Rinken, Miguel Carrasco, Raquel Seijas, Teresa Cruz y Virginia Paloma / Foto: Charo Valenzuela

iDiálogos

Protagonistas:

Virginia Paloma

Profesora del Departamento de Psicología Social, miembro del Centro de Investigación y Acción Comunitaria de la Universidad de Sevilla y codirectora del Master Oficial "Migraciones Internacionales, Salud y Bienestar: Modelos y Estrategias de Intervención".

Sebastian Rinken

Vicedirector del Instituto de Estudios Sociales Avanzados (IESA-CSIC) y ex-director del Observatorio Permanente Andaluz de las Migraciones.

Raquel Seijas

Profesora de Periodismo en la Universidad de Málaga y especialista en migraciones, minorías, movimientos sociales y medios de comunicación.

Teresa Cruz

Directora de la Fundación Descubre.

CUANDO EL MUNDO SE MUEVE: LAS MIGRACIONES A LA LUZ DE LA CIENCIA

CÓMO PUEDE CONTRIBUIR EL CONOCIMIENTO A DESTERRAR PREJUICIOS Y FAVORECER LA EQUIDAD Y LA CONVIVENCIA.

Fuente: José María Montero

Posiblemente no haya un fenómeno social que, a pesar de ser connatural a nuestra propia historia como especie, provoque tanta inquietud e incertidumbre a escala planetaria, debates tan apasionados, controversias políticas de consecuencias imprevisibles, modificaciones sustanciales en los indicadores económicos y demográficos, miedo y esperanza, a partes iguales, y hasta modificaciones (casi) inexplicables en el comportamiento habitual de una comunidad. Las migraciones son algo más que un movimiento de personas de forma voluntaria o forzada o, mejor dicho, se trata de un fenómeno que provoca agitaciones que superan las propias de dichos movimientos, agitaciones que calan en todos los estamentos de la sociedad y llegan a hacerlos tambalearse, obligándonos a ese esfuerzo de comprensión en el que terminamos por replantearnos cuestiones que van más allá de lo estrictamente material y entran en el terreno de la justicia, de la equidad, de la ética, de la moral, de la empatía y hasta de la compasión.

Este no parece, a la vista de un escenario tan turbulento donde los elementos objetivos se mezclan con los subjetivos y la razón difícilmente puede aislarse de las emo-

Participantes en el Diálogos / Foto: Charo Valenzuela.



ciones, un territorio propicio, o al menos cómodo, para la ciencia, necesitada de elementos de juicio ponderables de acuerdo a criterios objetivos; obligada a olvidarse del ruido para centrarse en lo que esconden las turbulencias, poco amiga de las presiones políticas o las distracciones que la ciudadanía le traslada en forma de encendidas protestas o adhesiones inquebrantables.

Cuando las migraciones se convierten, y lo hacen cada vez más a menudo, en objeto de debate social no son muchos actores que reparan en el valor de la ciencia para aportar algo de luz a este movimiento tan humano, luz en forma de conocimiento riguroso que ayude a prevenir, a resolver, a mitigar, a encauzar, pero, sobre todo, a construir una sociedad más justa y democrática en donde las migraciones no sean disturbio sino riqueza.

Convencidos de que también en este debate se necesita la voz de la ciencia convocamos este Diálogo que tuvo como escenario la sede granadina de la Fundación Descubre y al que acudieron, además de la directora de esta institución, tres especialistas que podrían ayudarnos, desde diferentes perspectivas, a sumar esos argumentos

racionales, contrastados bajo el estricto método científico, a la comprensión de una circunstancia tan compleja como trascendente.

En el mismo arranque de esta conversación Virginia Paloma, profesora del **Departamento de Psicología Social** y miembro del **Centro de Investigación y Acción Comunitaria de la Universidad de Sevilla**, ya nos advertía de las dificultades a las que nos íbamos a enfrentar: "Nuestro grupo de trabajo usa la terminología de la **Organización Internacional para las Migraciones** que habla de <flujos migratorios complejos> porque ciertamente son muy complejos ya que no sabemos si las personas que han llegado a nuestro territorio son migrantes económicos, si tendrían derecho a solicitar asilo, y otras muchas variables. Es muy difícil distinguir pero, aun así, lo que sí sabemos, el único denominador común sobre el que se construye nuestro trabajo como investigadores, es que todas esas personas viven, frente a la población receptora, en una situación de inequidad, y esa inequidad se refleja en todos los indicadores ya hablemos de salud mental, de empleo, de salud física o de cualquier otra circunstancia". De manera que ese factor, vinculado a la justicia, ha terminado por convertirse en el motor de un trabajo científico. "Esa es", asegura Paloma, "la obsesión de nuestro grupo de investigación: generar conocimientos prácticos, que

sirvan para impulsar vías que transformen esa situación y nos conduzcan a la equidad". Una ciencia, en definitiva, que sea rigurosa pero también comprometida y útil, una ciencia "con rostro humano".

Pero dentro de la complejidad y el compromiso, el resultado de la actividad científica, que no es otro que el conocimiento, "no garantiza cambios ni transformaciones", lamenta Sebastian Rinken, vicedirector del **Instituto de Estudios Sociales Avanzados (IESA, CSIC)** y ex-director del Observatorio Permanente Andaluz de las Migraciones. "Ni siquiera", añade, "es necesariamente capaz de influir en decisiones trascendentes". "El conocimiento", continúa, "se genera, existe, pero que se use y se use para bien... es otro cantar, porque en realidad no sabemos qué camino toma el conocimiento, a dónde va, a dónde llega, cómo se usa, ya que el político no tiene obligación de consultarnos antes de actuar, de manera que no sabemos si hemos llegado con nuestro trabajo a influir en la toma de decisiones. Nos esforzamos por hacer comprensible una realidad compleja a públicos no especializados y hacerlo en resúmenes que no sea simples folletos de tres párrafos, pero a partir de ahí nuestro rol es el de un sencillo especialista al que nadie está obligado a hacer caso por el simple hecho de que sea científico".

Teresa Cruz / Foto: Charo Valenzuela.



Rescate de inmigrantes como parte de la operación Tritón.

Los círculos endogámicos, inevitables en el mundo de la ciencia como en otras muchas actividades, explican, en parte, la existencia de estas zonas oscuras que ni facilitan la acción ni tan siquiera sirven para hacer un retrato fiel de la realidad. "No todo el mundo tiene contacto con los inmigrantes, ni sabe por qué se producen las diásporas, ni las causas de estos desplazamientos, y la ciencia, por mucho esfuerzo de divulgación que haga, tampoco llega a gran parte de la población, esa cuya única vía de contacto con esta realidad son los medios de comunicación y, no nos engañemos, en gran medida la opinión pública se construye de esta manera", indica Raquel Seijas, profesora de Periodismo en la Universidad de Málaga y especialista en migraciones, minorías, movimientos sociales y medios de comunicación. Es cierto que se ha producido un avance en esa imagen que los medios de comunicación transmiten sobre este fenómeno y sobre los propios inmigrantes, "imagen, insisto, con la que, en definitiva, se construye la realidad, pero no hay que dejarse llevar por el optimismo porque también anotamos una cierta involución, con referencias estereotipadas y falsas que están muy

vinculadas con los nuevos medios, con las redes sociales y las plataformas digitales, y también con el impacto de las fake news, las noticias falsas".

El origen de los prejuicios

De las consecuencias que estas malas prácticas pueden llegar a ocasionar tienen abundantes referencias en el grupo de investigación de Virginia Paloma. "Cuando hemos analizado, en colaboración con **geógrafos de la Universidad Pablo de Olavide**, qué elementos influyen en el grado de prejuicio que se manifiesta hacia la población inmigrante", asegura esta profesora, "nos hemos encontrado con las variables clásicas, es decir, con un bajo nivel educativo, una situación laboral precaria o una edad avanzada, pero si acercamos la lupa, si investigamos en los lugares precisos en donde las personas inmigrantes se han asentado, si indagamos con más precisión sobre el territorio entonces aparecen variables claramente vinculadas con la imagen que transmiten los medios de comunicación". Por ejemplo, un elemento muy llamativo

que genera inquietud y hasta rechazo es la percepción que algunos ciudadanos pueden manifestar de que se ha producido un cambio brusco, es decir, "que en poco tiempo ha llegado a esa comunidad un volumen importante de inmigrantes y, sin embargo, los datos objetivos nos dicen que eso no es cierto, que a ese pueblo no ha llegado tanta gente en tan poco tiempo, pero si en la televisión están continuamente hablando de invasión, si las imágenes que nos ofrecen son las de avalanchas saltando vallas en las fronteras, la sensación de amenaza crece, y crece, por tanto, el prejuicio y el miedo".

Esos trabajos a pie de campo indican, asimismo, otra variable importante, a juicio de Paloma, que es el grado de concentración. "Si en un municipio viven muchas personas inmigrantes y además se concentran en un par de barrios, que terminan convirtiéndose en guetos, eso también hace aumentar los prejuicios y el rechazo, y en

Sebastian Rinken: "Con muy pocas excepciones no ha surgido en Andalucía, ni en el resto de España, una situación de hostilidad manifiesta contra los inmigrantes".

este caso lo que deben hacer las administraciones es favorecer la distribución, porque esa concentración también puede originar imágenes que no se corresponden con la realidad". En definitiva, concluye Paloma, "hay que trabajar con los medios de comunicación y también con los planificadores, con los gestores del espacio público".

Quizá lo más llamativo de este análisis, al que se suman las miradas de Sebastian y Raquel, es que todas esas variables, los indicadores que nos advierten del crecimiento de los prejuicios o de la eclosión del rechazo,



Sebastian Rinken, durante su intervención / Foto: Charo Valenzuela.

se manifiestan en una sociedad e, incluso, en una clase política, que hasta ahora ha asumido el fenómeno migratorio de manera muy positiva, "mucho más positiva de lo que a veces nos quieren hacer creer", advierte Sebastian Rinken. Desde el IESA y desde el **Observatorio Permanente Andalúz de las Migraciones** este investigador lleva más de 15 años reuniendo información rigurosa a cuenta de este fenómeno, un matiz que cree imprescindible apuntar antes de lanzarse a ofrecer su análisis:

"El reconocimiento de la realidad social tiene que hacerse con objetividad, de manera que cuando el científico habla tiene que hacerlo con lo que ha constatado, evitando mezclar opinión y ciencia, algo que ha hecho mucho daño en las Ciencias Sociales. Otra cosa distinta es poner la ciencia al servicio de la solución de un problema como el que nos ocupa, y en este caso el ejemplo más claro sería no aleccionar al político sobre lo que tienen o no que hacer, sino decirle, con información científica, si haces esto disminuye o aumenta la probabilidad de que ocurra esto otro".

Los datos que ha ido reuniendo Rinken hablan de una secuencia temporal ciertamente asombrosa en sus manifestaciones: "Primero tuvimos un extraordinario auge del fenómeno migratorio, porque hay muy pocos países en el mundo en los que a cada 10 habitantes se le haya sumado uno nuevo en tan sólo una década, y luego llegó una crisis de tal intensidad que destruyó una quinta parte del empleo total". La combinación de ambos elementos, sostiene el vicedirector del IESA, era "la mezcla perfecta para tener problemas, para que apareciera el rechazo de forma violenta o para que los emigrantes se vieran completamente desamparados desde todos los puntos de vista, que se derrumbaran todos los elementos que durante la bonanza económica nos habían llevado a procesos de integración exitosos". Y sin embargo, toda la información que iba recopilando este investigador conducía a una llamativa y doble paradoja: "Con muy pocas excepciones no ha surgido en Andalucía, ni en el resto de España, una

situación de hostilidad manifiesta contra los inmigrantes. Y sin negar que hay personas muy necesitadas de atención y apoyo, a grandes rasgos, y una vez superada la fase más aguda de la crisis, las tasas de paro entre los inmigrantes, por ejemplo, no son bajas pero son muy parecidas a las de la población autóctona, es decir, que los dos grupos están más o menos igual. La situación desde un punto de vista demográfico se ha estabilizado, con un alto porcentaje de inmigrantes que tienen su situación regularizada, es decir, que no corren riesgo de ser expulsados por no tener trabajo. En definitiva, incluso durante el periodo más duro de la crisis la situación administrativa de los inmigrantes ha seguido mejorando de forma muy notable".

En Andalucía, admite Virginia Paloma, "estamos en una situación de apertura, de poca hostilidad manifiesta a pesar de las situaciones de precariedad, pero también

Raquel Seijas: "No podemos correr el peligro de asegurar que todo está bien porque quizá eso nos inmovilice para seguir haciendo cosas que resuelvan las muchas situaciones insatisfactorias".

hay muchas realidades que no aparecen en las estadísticas. Por eso creo que no podemos correr el peligro de asegurar que todo está bien porque quizá eso nos inmovilice para seguir haciendo cosas que resuelvan las muchas situaciones insatisfactorias y que tal vez permanecen más o menos ocultas, aunque algunas, como nosotros comprobamos en nuestros trabajos de campo, están muy a la vista, como ocurre con los asentamientos vinculados a los invernaderos de Almería, los campamentos improvisados en las zonas de cultivo de Huelva o los conflictos que se viven en el **entorno de la frontera de Melilla**. Como investigadores no podemos obviar esas realidades".

Raquel Seijas, durante el Diálogos / Foto: Charo Valenzuela.



Incluso, añade Raquel Seijas, "hay tensiones entre los diferentes colectivos de inmigrantes y ciertas tensiones que aparecen en la población autóctona y que no tienen tanto que ver con el inmigrante propiamente dicho sino que están vinculadas a situaciones concretas que no responden a la verdad, por ejemplo, tensiones que nacen de la idea falsa de que en un determinado barrio los inmigrantes abusan del sistema de salud o reciben más ayuda que otros grupos igualmente vulnerables".

El mérito de una sociedad tolerante

"No, no quiero transmitir la idea de que soy un optimista sin matices", advierte Rinken, "porque, como buen alemán, siempre que analizo un problema pienso en la sostenibilidad, y en este sentido, como científico, estoy muy atento a la gran cantidad de variables que no controlamos, a las contingencias que se nos pueden venir encima, a todos los parámetros que no controlamos y que hacen de una situación un escenario de futuro impredecible". Lo que sí le resulta llamativo a este investigador es que "la población autóctona, aun pasándolo mal, haya mantenido una actitud mayoritariamente sosegada; ello no quiere decir que la sociedad andaluza no esté libre de prejuicios, porque las evidencias nos dicen, y ya lo hemos constatado, que si la situación cambiase, que si se intensificara el enfado en la población local este se acabaría volcando contra grupos muy concretos y sabemos cuáles son esos grupos: los más vulnerables. En nuestros estudios

hemos constatado un caudal de recelos y agravios que llega a verbalizarse en un porcentaje muy elevado de la población, pero lo más llamativo es que quizá después se queda en nada, o por lo menos así ha sido hasta ahora". De manera que, resume Rinken, "no quiero pecar de optimista pero creo necesario reconocer un mérito colectivo, un mérito de la sociedad en su conjunto y muy en particular de la abofeteada clase política porque ningún político con cuota de pantalla ha caído en ese juego sucio, quizá por un pronóstico de que eso no le iba a resultar rentable, pero quiero pensar

que algo de sentido de la responsabilidad y de buena voluntad también ha existido".

Esos elementos, que están en el núcleo de la cuestión, que aportan profundidad al debate, son, a juicio de Raquel Seijas, "los que deben incorporarse a los medios de comunicación. Nunca hemos tenido tantas herramientas y tantas oportunidades para difundir a gran escala esas buenas noticias, esas buenas prácticas, y aun así no conseguimos salir de la atención desmesurada a los sucesos, y el receptor medio, el que necesita conocer esta realidad, termina quedándose en lo anecdótico. Si estas buenas noticias no tienen apenas trascendencia, ¿qué es lo que estamos haciendo mal? Esa es la pregunta que me hago en la universidad y que le hago a mis alumnos".

Virginia Paloma: "Una prioridad en todo este esfuerzo de la comunidad científica, es contribuir a generar una ciudadanía compasiva e implicada, capaz de empatizar y ser sensible a las dificultades de la población inmigrante, haciendo que sean vistos como personas y construyendo herramientas preventivas que nos ayuden a mejorar la convivencia".

Efectivamente, certifica Rinken, "casi nadie sabe que el esfuerzo de toda una sociedad, de su clase política y de las diferentes administraciones, ha salvado una situación muy delicada. Y tanto es así que en las últimas encuestas que hemos realizado un porcentaje importante de andaluces asegura que la mayoría de los inmigrantes sigue en situación irregular, es decir, creen que la situación es la misma que en 2004, ignoran lo que ha ocurrido a lo largo de una década de integración. Además, una mayoría amplísima de encuestados afirmaba que en tiempos de crisis la mayor parte de los inmigrantes se marcharían, pero eso no ha ocurrido, de manera que los ciudadanos, una parte significativa de los ciudadanos, no sabe lo que realmente ha ocurrido". Quizá esa circunstancia no sea caprichosa, razona Rinken, "quizá las administraciones no se han atrevido a poner todas las cartas sobre la mesa por si esas buenas noticias producían un efecto rebote y, tal vez, entonces hayan hecho bien, porque hoy el balance de cohesión social, de paz social, de no violencia, es extraordinariamente positivo. Pero es evidente que incluso los



Virginia Paloma, en un momento del debate / Foto: Charo Valenzuela.

datos avalados por la investigación no se han trasladado, de manera intencionada, a los medios de comunicación, y aunque pudiéramos considerarlo un gesto de responsabilidad lo cierto, también, es que los ciudadanos quizá puedan sentirse engañados. Tal vez alguien al saber que después de la crisis seguimos teniendo 6 millones de inmigrantes en España pueda sentirse engañado porque no era eso lo que se había pactado. Es un riesgo que ha corrido la clase política pero creo que han hecho bien en correrlo".

Sin duda ninguna algunas decisiones, la mayoría de las decisiones en un asunto tan sensible como este, tienen que estar reforzadas por el sentido de la responsabilidad porque, como defiende Virginia Paloma, "una prioridad en todo este esfuerzo de la comunidad científica, si admitimos que la ciencia no puede ni debe ser neutra en estos escenarios, es contribuir a generar una ciudadanía

compasiva e implicada, capaz de empatizar y ser sensible a las dificultades de la población inmigrante, haciendo que sean vistos como personas y construyendo herramientas preventivas que nos ayuden a mejorar la convivencia". Cuando la ciencia se pone al servicio de la convivencia y de la cohesión social, defiende esta investigadora, "podría hablarse incluso de un interés egoísta porque lo cierto es que si contribuimos a que las personas inmigrantes estén bien en realidad estamos contribuyendo a que todos estemos bien, a que la sociedad en su conjunto mejore".

Una de esas herramientas, que el Centro de Investigación y Acción Comunitaria de la Universidad de Sevilla ofreció a la Dirección General de Coordinación de Políticas Migratorias, es el **Índice de Bienestar Inmigrante (MIWEX)**, un sistema de diagnóstico claro y muy simple en el que se evalúan hasta 16 parámetros que hablan de la calidad de vida de una determinada población migrante (condiciones

de la vivienda, situación laboral, agrupamiento familiar, estatus legal...), parámetros con los que finalmente se ofrece un índice que se mueve en una escala del 0 al 100 y que da idea del bienestar que manifiesta esa población. "Y lo interesante", precisa Paloma, "es que no siempre nos encontramos las mismas fortalezas o debilidades, es decir, que el índice varía según las poblaciones y sus circunstancias, y eso nos ayuda a afinar en las intervenciones".

Sin restar valor a este tipo de herramientas, Rinken advierte que este "es un ámbito muy politizado, en donde juegan un papel muy importante, por ejemplo, los asesores de confianza de los políticos o esos técnicos que jamás han pisado la calle, y ellos también juegan su rol en la toma de decisiones, a veces de manera determinante. Es decir, que no porque esté disponible el conocimiento o las herramientas que nacen de ese conocimiento van tener un papel decisivo en las intervenciones".

Generando conocimiento riguroso

Pero más allá de las acciones que pueden nacer del conocimiento, lo que nadie duda, lo que ninguno de nuestros invitados cuestiona, es que debe generarse conocimiento y hacerlo basándose en datos de calidad, rigurosos, fiables. Rinken insiste en el esfuerzo que desde el IESA se viene haciendo para generar esos datos de manera directa o trabajando sobre datos que ya han producido otras instituciones. De estas manera se ha reunido mucha información pero el problema principal, precisa, "es la ponderación de todos esos datos. ¿De qué manera otorgo más peso a unas variables que a otras? ¿Lo hago con criterios externos a la propia población a la que me refiero? ¿Busco la opinión de especialistas que me aclaren qué factor pesará más en un determinado contexto? Y todo este trabajo, ya de por sí complicadísimo, sabiendo que si conseguimos medir y calibrar bien todas las variables ese esfuerzo es válido hoy, ahora, es decir que, aun así, estamos sometidos a las incertidumbres que nos proporcionará un futuro cambio en las circunstancias".

Esas incertidumbres, confía Paloma, pueden reducirse gracias a las simulaciones que aportan los especialistas en matemáticas e ingeniería informática, expertos que se han sumado a los trabajos de este grupo de investigación de la Universidad de Sevilla gracias a la financiación del **Centro de Estudios Andaluces**. De esta manera han creado el **Laboratorio Virtual del Bienestar Inmigrante** que sirve, justamente, para simular posibles escenarios que varían de acuerdo a modificaciones en las variables



Participantes en el Diálogos / Foto: Charo Valenzuela.

que miden la calidad de vida de los inmigrantes. "Es una herramienta", explica esta profesora de Psicología Social, "que te permite entender la complejidad de todo el sistema, te hace ver que nuestro bienestar y el de las personas inmigrantes depende de un montón de elementos, y te permite jugar, ver qué ocurre si modificas una variable. Si, por ejemplo, mejoras la competencia lingüística se produce un efecto dominó en el resto de variables, de manera que aumentan las posibilidades de encontrar empleo, y eso mejora la calidad de la vivienda que, a su vez, ayuda al reagrupamiento familiar. El Laboratorio nos permite anticiparnos a lo que va a ocurrir si actuamos en una dirección o en otra, de manera que podemos optimizar los recursos y dirigir las inversiones a aquellos elementos con los que sabemos que vamos a conseguir el efecto que buscamos, que vamos a potenciar la parcela que más nos preocupa o que necesita de una mejora urgente". Pero Virginia Paloma admite que para desarrollar este laboratorio, algo que concluyó en 2017, han usado una base de datos que sólo incluye a la población marroquí asentada en Andalucía en el año 2008, de manera que ahora, con el método bien engrasado, es necesario generar una base de datos más amplia y actualizada que multiplique la utilidad del Laboratorio.

Aunque la actualización servirá para que el retrato sea fiel y las simulaciones mucho más precisas, toda la experiencia

acumulada ha servido, por ejemplo, para identificar algunas prioridades en el trabajo con inmigrantes, prioridades que precisan el trabajo cooperativo de investigadores, organizaciones civiles y administraciones. Una de esas prioridades, identifica Paloma, "es la necesidad de potenciar la capacidad de resiliencia de los grupos más vulnerables. A veces son suficientes recursos intangibles que, sin embargo, resultan muy valiosos como crear vínculos entre las personas, abrir espacios de encuentro, redes de apoyo social o sistemas de acompañamiento para que las personas inmigrantes puedan vivir con cierta normalidad en un ambiente de adversidad".

Otra prioridad que han señalado estos trabajos de investigación es que "debe ponerse más cuidado en los proveedores, en los servicios destinados a prestar coberturas sociales a estas personas, ya sea el sistema sanitario, el educativo, la policía o los servicios sociales, porque no siempre su atención es la adecuada hacia estas personas o están al corriente de todos los recursos que se les pueden brindar, y nuestros estudios indican que quizá la variable más potente para generar satisfacción y bienestar en estas personas es que los servicios comunitarios públicos sean sensibles a sus necesidades y a su diversidad".

Todos estos ejemplos ratifican el valor de la información que se recopila a pie de campo y que necesita estar actua-

lizada y haberse obtenido de manera rigurosa, un proceso al que no se presta la atención que merece porque hay una corriente dominante que opera en sentido contrario. Si el sistema científico actual sólo atiende, como factor de excelencia y competitividad, a la publicación en inglés y en revistas de impacto, esta tendencia, un tanto extremista a juicio de nuestros invitados, causa un enorme daño en el campo de las Ciencias Sociales, sobre todo a los investigadores más jóvenes que no pueden escapar a esa obligación que los aleja del territorio más cercano, de los problemas que se manifiestan a escala local o regional. Y este panorama, añade Raquel Seijas, "en un momento en el que, además, las Ciencias Sociales se enfrentan a serias dificultades para trasladar sus hallazgos a la sociedad, y para contribuir a la solución de este tipo de problemas que afectan a las personas más desfavorecidas, a los colectivos más vulnerables".

"¿A qué dedicamos nuestra atención como investigadores?", pregunta Rinken, y añade para explicarse: "El diagnóstico empírico en el sistema de evaluación internacional vale muy poco, lo que me piden es que explique algo. Entonces, ¿qué es lo que va a resultar rentable? ¿usar datos producidos por terceros? Es decir, ¿vamos a privarnos de datos empíricos sobre hechos sociales relevantes

porque son demasiado locales y no llegan a ese nivel que se exige para poder estar en la revistas de alto impacto?"

Quizá, como está ocurriendo en otras parcelas del conocimiento, la divulgación pueda ayudar a equilibrar en parte la balanza. Teresa Cruz, como colofón al diálogo, señala "la explosión que la crisis ha generado en el terreno de la divulgación, al que se han incorporado científicos de excelencia usando todo tipo de formatos. Estamos en un momento muy esperanzador, en un momento en el que la ciencia ha buscado otras vías para salir a la calle, algo decisivo cuando hablamos, como lo hemos hecho hoy, de una ciencia que está pegada a la calle, que se acerca a los problemas sociales para prestar su ayuda en la búsqueda de soluciones".

Algunas leyendas y rumores

El miedo, los prejuicios y, en caso extremos, la hostilidad, se alimentan de rumores, mentiras y leyendas que nadie sabe muy bien de dónde nacen pero que generan importantes perturbaciones y, además, no son fáciles de neutralizar. Este elemento también aparece en todos los trabajos de investigación que han llevado a cabo Virginia, Sebastian y Raquel.

Captura de la web de Andalucía Acoge.



"Hay leyendas muy curiosas", comenta Rinken, "leyendas que, además, todo el mundo cuenta igual pero que no tienen ni pies ni cabeza. Sobre los chinos, por ejemplo, hay muchos ciudadanos que aseguran que están exentos de pagar impuestos durante cinco años, algo que es radicalmente falso. O que los inmigrantes tienen preferencia para acceder a recursos limitados como el comedor escolar, algo que tampoco es cierto".

Los medios de comunicación, atrapados en esa corriente de fake news que denuncia Seijas, "pueden contribuir a aclarar estas leyendas o, por el contrario, a alimentarlas, con efectos devastadores por el gran poder de penetración social que tiene, por ejemplo, un programa de televisión".

Una forma de combatir las mentiras que a veces se arrojan sobre los inmigrantes es creando fuentes rigurosas y de fácil acceso a las que cualquier ciudadano puede acudir para aclarar un rumor. Así nació **"Stop Rumores"** una web puesta en marcha por la Federación Andalucía Acoge y que sirve de escaparate de una auténtica "agencia antirumores" en la que colaboran entidades y personas a título particular. Se trata, señalan sus promotores, "de combatir los rumores negativos e inciertos que dificultan la convivencia en la diversidad en nuestros entornos más cercanos".

También desde la Administración se han puesto en marcha herramientas similares, como la **"Red(Anti-Rumores)"** de la Consejería de Justicia e Interior, en donde se disponen materiales multimedia, manuales, guías y enlaces a todos aquellos colectivos que contribuyen a desmontar todas las falsedades que giran en torno a la población inmigrante.

¿Es cierto que los inmigrantes saturan los servicios sanitarios? ¿Reciben más ayudas públicas que otros colectivos? ¿La violencia machista ha aumentado por culpa de este colectivo? Estas, y otras muchas preguntas, son las que se contestan, con datos incuestionables, en estas páginas destinadas a construir ciudadanía.



De izquierda a derecha, José María Montero, Virginia Paloma, Sebastian Rinken, Teresa Cruz, Raquel Seijas y Miguel Carrasco / Foto: Charo Valenzuela.

ADELAIDA DE LA CALLE: UNA CARRERA DE FONDO PARA AUNAR INVESTIGACIÓN Y EMPRESA

El sueño de ganar un Premio Nobel y considerarse una “chica de ciencias” se convirtieron en los ingredientes que ayudaron a Adelaida de la Calle a cocinar su propia carrera investigadora y académica. Aficionada a viajar y con querencia a disfrutar del ingenio y los descubrimientos de sus nietos, la presidenta de **Corporación Tecnológica de Andalucía (CTA)**, exrectora de la Universidad de Málaga y también exconsejera de Educación en la Junta de Andalucía defiende la unión entre el laboratorio y las empresas para alcanzar avances y se nutre de la capacidad de sacrificio que aprendió en una niñez de atleta para superar metas como neurocientífica y gestora.

Adelaida de la Calle, neurocientífica y presidenta de Corporación Tecnológica de Andalucía (CTA). /Foto: Charo Valenzuela

Fuente: María Ruiz
Asesoría científica: Adelaida De La Calle

Adelaida de la Calle, en la sede de la Fundación Descubre en Granada / Foto: Charo Valenzuela.



Quería estudiar Química, pero un buen profesor de Biología se cruzó en su camino cuando estudiaba Preuniversitario, trastocó sus planes y la sumó a su causa. Adelaida de la Calle (Madrid, 1948), apasionada de las neurociencias y una “fan” de Ramón y Cajal, se aferró a sus pretensiones de niña que quería ganar un Premio Nobel para bucear en laboratorios y labrarse una carrera investigadora y académica.

De la Calle, en la actualidad presidenta de **Corporación Tecnológica de Andalucía (CTA)**, compaginó eso de ser una “chica de ciencias” con los entrenamientos en pista como atleta de 400 metros e interiorizó el esfuerzo del deporte para aplicarlo al resto de su vida y superar metas. Se convirtió en catedrática de Biología Celular de la Universidad de Málaga cuando poco más de uno de cada diez de estos puestos los ocupaban mujeres y reconoce que en el campo universitario la mujer tiene que demostrar que vale el doble.

“He tenido que luchar mucho más en la carrera académica”, recuerda esta apasionada de los paseos por el campo, el “minideporte” y salir con amigos que ya no perdona el tiempo libre, porque lo exprime.

Estudió Biología en la Complutense y un “excelente profesor” de Fisiología Animal la dirigió hacia un campo en el que fue alumna interna y realizó su tesina. Cambió entonces hacia la neurociencia y obtuvo el título de doctora en Ciencias Biológicas en la Universidad de La Laguna de Tenerife (1979), una de sus estaciones antes de recalar en Andalucía y a la que llegó casi por un capricho del destino. “Siempre hay alguien que te enfoca”, explica.

Vocación investigadora

“Lo de ser investigadora lo tenía claro, lo del ámbito no tanto, aunque sí sabía que sería algo relacionado con biología y neurociencia”, según explica a *iDescubre*. Reconoce que en la carrera académica ha tenido que luchar “un poco más” que en los laboratorios pese a lo que fue profesora adjunta y luego titular “muy pronto”. Recuerda que era entonces un mundo dedicado más a los hombres, por lo que fue una de las primeras catedráticas del país.

Cree que aún existe esa lucha en femenino, la que la convirtió en ‘la primera mujer que...’ en muchos ámbitos, pero recalca un cambio que ejemplifica en la medicina, con un mayor peso ahora de mujeres porque el acceso

es anónimo, solo depende de una nota y “los mejores expedientes son de las mujeres”. Pese a estos logros, encuentra un déficit femenino en carreras tecnológicas y lamenta que, en campos así, que una mujer lidere siga siendo noticia y sus casos se expongan como referentes.

Le gusta disfrutar su tiempo libre con sus nietos, de seis y cuatro años, y que representan el ejemplo personalizado del cambio educativo y la implicación de la tecnología. Los niños estudian por proyectos en el colegio que les tocaba por área de influencia, el centro público Rectora Adelaida de la Calle, y le contagian su entusiasmo por aprender, la curiosidad por la ciencia o la capacidad de sorprenderse ante la imagen de un Sorolla.

Esta palentina nacida en Madrid y malagueña de adopción ha dedicado más de cuatro décadas de su vida a la Universidad de Málaga (UMA), una institución a la que considera su hogar y que premió su talento investigador en 2016 con la concesión de la Medalla de Oro.

A la hora de hacer un diagnóstico del estado de la ciencia y la investigación, De la Calle reconoce que “no hay color”

entre la actividad investigadora actual y la que le tocó a ella en sus inicios, cuando los laboratorios tropezaban con “las necesidades más apremiantes” incluso para cuestiones básicas, y el extranjero era un camino inevitable para buscarse la vida. Un camino que a ella la condujo hasta Alemania, una experiencia que en su trayectoria laboral ha utilizado para luchar con el objetivo de que el talento andaluz se quede en casa.

Luego llegaron los planes nacionales de investigación, los cambios de tendencia y las herramientas para buscar “músculo investigador” que han permitido que Andalucía presente ahora un “buen cartel de investigadores”.

Su trayectoria científica se dedicó inicialmente a estudiar el sistema nervioso central, aunque De la Calle y su equipo viraron hacia el estudio de los receptores encefálicos en la comunicación neuronal y a analizar los receptores de dopamina. Con su grupo de investigación abordó además varias líneas centradas en analizar los procesos neurodegenerativos relacionados con el envejecimiento y el Alzheimer.

Adelaida de la Calle, junto a Teresa Cruz y Miguel CarrascoFoto: Charo Valenzuela.



Su perfil investigador le ha permitido publicar numerosos artículos en revistas de Neurociencia con alto índice de impacto, capítulos en varios libros de esta misma rama y de ciencia y tecnología, y ha sido investigadora en proyectos de diversos Planes Nacionales de I+D y del Plan Andaluz de Investigación (PAIDI), además de participar en programas marco europeos.

En su trayectoria como investigadora y especialmente como rectora de la Universidad de Málaga, ha destacado como gran defensora de la colaboración universidad-empresa, un matrimonio que considera fundamental para garantizar la transferencia de tecnología.

“No nos damos cuenta de que tenemos grandes investigadores produciendo ciencia que se puede aplicar en todos los ámbitos, también en el social. No nos hemos dado cuenta de que destinar recursos a investigación y a formar a buenos investigadores que desarrollen buen conocimiento no es un gasto, es una inversión, pero como todas las inversiones los resultados no son de hoy para mañana”. Así se resume la radiografía de la ciencia de Adelaida de la Calle, convencida desde todos los prismas profesionales de su trayectoria que la clave está en investigar.



Adelaida de la Calle / Foto: Charo Valenzuela.

Sus casi doce años como rectora de la Universidad de Málaga la hicieron centrarse en la gestión y mirar de reojo ese trabajo que tenía como profesora e investigadora, aunque nunca se ha distanciado demasiado de su equipo. Asegura que no estaba planeado porque era feliz como profesora y más feliz aún como investigadora, pero también le entusiasmó ayudar en otras tareas universitarias.

La gestión como evolución

Defiende que la trayectoria investigadora tiene una curva ascendente, la de “cuando eres joven, creativa, imaginativa”, y otra que atribuye a la solidez, que es cuando se

toman otras decisiones. “Tienes después las neuronas algo más gastadas pero también la sensatez del conocimiento asentado”, resume antes de asegurar que “nostalgia, ninguna” porque “la antorcha de la ciencia hay que pasarla de unos a otros”.

Como exconsejera de Educación, la séptima nombrada en ocho años, apunta que la parte política era “todo cuesta arriba” porque es un campo que desconocía, pero que esta etapa fue también muy interesante, especialmente el área ligada a los profesores, a maestros y alumnos. “En esa parte de mi trabajo me sentía como pez en el agua. Me daban ideas y me generaban imaginación. Yo quería hablar de educación y no de otras cosas”, resume.

Desde su cargo actual como presidenta de CTA, esta entusiasta de los paseos y los viajes defiende la unión cada vez mayor entre empresas y universidades y la transferencia entre ambas como camino para alimentar avances, pero también para generar nuevas empresas lideradas por investigadores, cada vez con una mayor inquietud emprendedora.

Ahora trabaja mucho en dar a conocer CTA y se implica, en conferencias dentro y fuera de nuestras fronteras, para convencer a instituciones y empresas de que el valor de cada firma tecnológica se duplica con la incorporación del talento. En definitiva, asegura, “la innovación produce riqueza y bienestar social”.

Su trayectoria, su afán y sus aportaciones le valieron en 2012 la Medalla de Andalucía, un reconocimiento al que sumó la Medalla de la Universidad de Sevilla por contribuir a la creación del Campus de Excelencia Internacional Andalucía Tech.

Adelaida de la Calle mantiene la curiosidad que le hizo ser científica, la pasión por la que soñó con un Nobel y la capacidad de sacrificio de los entrenamientos en pista y, desde un prisma u otro, apuesta por la investigación para lograr el “músculo” de la ciencia.



PREGUNTA MI ALMA: ¿DE QUIÉN, DE QUIÉN ES LA CIENCIA?

Fuente: Gema Revuelta de la Poza, Centro de Estudios de Ciencia, Comunicación y Sociedad de la Universidad Pompeu Fabra.



Emiliano Zapata en un mural de Diego Rivera

A principios del siglo pasado, el revolucionario mexicano Emiliano Zapata hizo popular la frase “La tierra para quien la trabaja”. Estas seis palabras resumían las reivindicaciones de los trabajadores de los campos respecto a sus derechos sobre las tierras que ellos mismos levantaban en condiciones de explotación terribles. Pocos años después, esa misma reivindicación sobre la tierra llegaba a Andalucía de la mano de Miguel Hernández: “Andaluces de Jaén / aceituneros altivos / pregunta mi alma: ¿de quién, de quién son estos olivos?”. Aunque los haya leído o escuchado cientos de veces, confieso que siempre me recuerdan las rectas paralelas e infinitas de los campos de olivo, vistas desde el Paseo de la Muralla en Baeza, me recuerdan también los olores de la tarde, la música de la banda y, sobre todo, a mi abuela. Pero no vengo aquí a hablar de mi infancia, sino de ciencia, que es nuestro tema.

Parece de justicia que los zapatistas o los aceituneros jienenses reclamasen para ellos las tierras que trabajaban,

pero ¿qué podemos decir de la ciencia? ¿Pertenece ésta a quien la trabaja? Es decir, ¿a los científicos? Antes de responder a esta pregunta, me van a dejar que formule otra: ¿Para qué sirve la ciencia?

Midiendo el impacto de la investigación

Si nos preguntasen cuáles son los beneficios de la ciencia, seguramente nuestras respuestas podrían encajar en alguno de los siguientes grupos: beneficios culturales (aumenta el conocimiento), sociales (reduce o intenta reducir los problemas de la humanidad y su entorno, persigue un aumento en la salud y el bienestar, etc.), económicos (la investigación y sus aplicaciones producen ganancias) o políticos (mejora la competitividad de un país y su posicionamiento militar). Sorprendentemente, cuando la comunidad científica explica cómo de bueno es un grupo o un centro de investigación, acostumbra a recurrir a argumentos que poco o nada tienen que ver con el impacto cultural, social, económico o político de la investigación.

En concreto, para medir la excelencia científica los académicos utilizan a menudo un tipo de indicadores conocido como bibliométricos (centrados en el número de veces que los artículos y revistas científicas en las que se publicaron los trabajos del grupo son citados en las publicaciones científicas de otros investigadores). Estos indicadores, entre los que se encuentra el factor de impacto de las revistas y el índice h para medir trayectorias de investigadores, se usan desde hace décadas en decisiones tan importantes como la promoción de los científicos, la selección de proyectos en una convocatoria competitiva o la concesión de un premio. El razonamiento original que llevó a diseñar este tipo de medida era que si una investigación había sido citada muchas veces por otros miembros de la comunidad científica significaría que había influido en los trabajos de estos y, por tanto, sería una investigación relevante para la ciencia.

En la práctica, se ha visto que mucha investigación muy relevante no ocupa los primeros puestos si solo tomamos en consideración estos indicadores. Y viceversa, muchos de los artículos que ocupan los primeros puestos en número de citas no son necesariamente más relevantes que otros en posiciones inferiores. Por otra parte, las novedades requieren tiempo, así que los indicadores que solo miden el impacto a corto plazo no son efectivos para determinar el verdadero impacto de las investigaciones. Por eso, [desde las propias editoriales](#) se ha advertido a la comunidad científica que hay que limitar su uso en la promoción de carreras profesionales o decisiones estratégicas y, sobre todo, que hay que considerar otros instrumentos de evaluación. La [Declaración de San Francisco sobre la Evaluación de la Investigación](#) es una de las iniciativas más conocidas en este sentido.

La ciencia para quien la trabaja: no, pero sí

Si la ciencia fuera para los científicos, los instrumentos bibliométricos serían un buen instrumento de decisión (“la ciencia para quien la trabaja”), puesto que lo que determinan es el

impacto de un artículo o de un grupo “en” la comunidad científica, sobre todo en la comunidad coetánea. Pero el caso es que la ciencia no es propiedad de los científicos, sino que pertenece y es para el conjunto de la sociedad. Por lo tanto, es inminente y necesario que además del impacto académico empecemos a diseñar y utilizar otros métodos para tomar decisiones.

En los últimos años han aparecido diversas iniciativas en este sentido. Las llamadas “[métricas alternativas](#)” (o [altmetrics](#), por su nombre en inglés) no solo consideran qué impacto tiene un trabajo o un autor “en” la comunidad científica, sino que miden qué pasa con este en internet. Por ejemplo, algunos se centran en el número de descargas de un artículo, o bien el de sus visualizaciones (independientemente de si estas han sido efectuadas por miembros de la comunidad científica o no). Otros indicadores analizan el comportamiento del artículo en redes sociales, contando el número de likes, el de comentarios o las veces que se ha compartido (por ejemplo, en Twitter o en Facebook). Estas métricas alternativas están

Gema Revuelta, directora del Centro de Estudios de Ciencia, Comunicación y Sociedad de la Universidad Pompeu Fabra.



Altmetric



Altmetric, herramienta empleada para designar a las nuevas métricas que se proponen como alternativas al factor de impacto.

teniendo mucho éxito en el ámbito científico, de modo que organizaciones y grupos editoriales tan influyentes como Nature Publishing Group, PLOS o BioMed Central los incluyen en la información de los artículos. Aún es pronto, sin embargo, para saber cómo van a evolucionar las métricas alternativas y si van a influir en las decisiones académicas respecto a la ciencia.

Las altmetrics son una muestra de que las cosas están cambiando, pero en realidad se limitan a explicar la visibilidad e impacto de una investigación en internet, sin explicar el impacto en la sociedad. Aún más interesante, aunque complejo, sería la [medición real de los beneficios sociales de la ciencia](#). En este sentido se está proponiendo, por ejemplo, cuantificar qué impacto ha tenido una investigación en términos de salud o calidad de vida, en ahorro económico, en salud ambiental, etc. El problema de este tipo de mediciones es que a menudo no es fácil

El concepto 'Investigación e Innovación Responsables' está relacionado con la necesidad de que todos los grupos de actores deben participar y ser corresponsables de la I+D+i a lo largo de todo el proceso.

demostrar la relación causa-efecto, pues intervienen múltiples factores, o bien es difícil comparar unos datos con otros, o simplemente no existen. De hecho, el interés por esta cuestión no es nuevo, aunque sí la concentración de esfuerzos en esta línea.

Otra manera de impulsar el impacto social de la ciencia es teniendo en cuenta los retos sociales entre los argumentos para decidir cómo distribuir los recursos para investigación. Naciones Unidas está concentrada en '[Los Objetivos para el Desarrollo Sostenible](#)', mientras que la Comisión Europea (CE), y con ella muchos de los países miembro (incluido el nuestro), incorporó en su programa Horizonte 2020 el concepto de "[grandes retos](#)". El propio [Plan Andaluz de I+D+i 2010](#) tiene entre sus seis objetivos la 'Orientación de la I+D+i hacia los retos sociales andaluces'. La inversión de una parte importante de los recursos destinados a investigación hacia esos retos precisa que los proyectos incorporen una descripción clara de su impacto previsible (que debe ir más allá de explicar en qué revistas académicas o en qué congresos se van a exponer sus resultados). Un impacto que debe ser medible de

manera lo más objetiva posible.

El concepto denominado [Investigación e Innovación Responsables \(RRI, por sus siglas en inglés\)](#), en el que también ha tenido un papel líder la Comisión Europea, se suele definir como la necesidad de que todos los grupos de actores deben participar y ser corresponsables de la I+D+i a lo largo de todo el proceso de ésta, de modo que las decisiones que se tomen en este sentido sean acordes con las necesidades, los valores y las expectativas de la sociedad. El movimiento RRI se ha plasmado en numerosos proyectos e iniciativas en Europa, traducándose en escenarios en los que los científicos trabajan más estrechamente con los ciudadanos, de modo que estos pueden expresar sus opiniones y necesidades. Un ejemplo de este modelo se realizó en el proyecto europeo NERRI (neuromejora y RRI), que puedo explicar en primera persona por haber participado en el equipo de investigación. El proyecto tenía como objetivo conocer cuáles eran las opiniones de los públicos interesados (pacientes, padres y madres, usuarios potenciales, ciudadanos en general, etc.) sobre diversas tecnologías que persiguen mejorar las capacidades cognitivas (como la memoria o la capacidad de cálculo) para que los científicos y los políticos pudiesen tomar decisiones más acordes con las necesidades y valores de la sociedad. Fruto de este proyecto fue el artículo de Nature Biotechnology de noviembre de 2017 en el que se explicaron las opiniones de los ciudadanos respecto a la [edición genética](#).

La llamada ciencia ciudadana, también muy difundida entre los proyectos con enfoque RRI, va aún un paso más allá, pues lo que pretende es que el ciudadano no solo sea consultado, sino que participe de verdad en la investigación. Los ciudadanos pueden tener diversos niveles de implicación, según sea el diseño del proyecto.



Participantes en una de las iniciativas de 'Andalucía Mejor con Ciencia'.

En algunos, colaboran en la recolección de datos. En otros, participan en las decisiones. En otros proyectos de este tipo son los ciudadanos quienes explican sus necesidades y a partir de estas se generan las preguntas y los protocolos de investigación. A este último grupo se le llama también investigación basada en la comunidad o investigación participativa. La iniciativa [Andalucía, mejor con ciencia](#) es un claro ejemplo de ciencia ciudadana que permite distintos modelos de participación.

La ciencia ciudadana, la investigación participativa o incluso las consultas públicas sobre temas de ciencia probablemente no podrán extenderse a todos los proyectos de investigación, pero su uso, aunque sea limitado a algunos ámbitos, ayuda a poner en evidencia que la ciencia no pertenece solo a los científicos, sino que, por el contrario, la ciencia es de todos nosotros. Y, por tanto, todos somos responsables de hacia donde se dirija y qué usos se haga de ella.

Si realmente conseguimos que la ciencia sea de todos nosotros, que todos seamos corresponsables y "trabajemos" en ella de alguna manera (con nuestras opiniones, nuestras decisiones, nuestro esfuerzo, nuestros recursos, etc.), entonces sí que será hora de reclamar "La ciencia para quienes la trabajan".



LAS MATEMÁTICAS QUE DAN SENTIDO A LA HISTORIA

Álvaro Martínez Sevilla, durante los Paseos Matemáticos por Granada en el PiDay.

Si no conoce los siguientes monumentos, recurra al buscador: Los arcos de herradura califales de la Mezquita de Córdoba, la arquitectura modernista con cúpula octogonal del Mercado de Abastos de Algeciras o la planta clásica de diseño 'a lo romano' del Palacio de la Aduana de Málaga. Nada en ellos está sujeto al azar. Existen patrones constructivos –proporciones o formas geométricas, por ejemplo- en cada edificio u obra artística. En todo aquello, en definitiva, que se puede observar a través de una mirada, inquieta, hacia el entorno. Ante tal

El tiempo ha sido testigo de la construcción de obras arquitectónicas, la ornamentación de fachadas o el auge de la pintura. *iDescubre* revela a sus lectores una forma diferente, cristalizada en la iniciativa 'Paseos matemáticos', de contemplar el arte o la historia, una forma, en definitiva, que permite captar la belleza de este patrimonio a través de las proporciones, de las simetrías o de la geometría que caracterizaron una época o la vida de unos personajes concretos.

Fuente: José Teodoro del Pozo
Asesoría científica: Álvaro Martínez

curiosidad, nace el turismo matemático, una nueva forma de admirar la historia, la arquitectura o el arte y que permite conectar las matemáticas con el mundo que las rodea.

En concreto y desde hace aproximadamente 3 años, el turismo matemático tiene en Granada uno de sus principales exponentes. Se trata de los 'Paseos Matemáticos', una iniciativa promovida por el profesor de la [Universidad de Granada](#), Álvaro Martínez Sevilla, que explica para *iDescubre* cómo emerge y evoluciona un proyecto ya consolidado en el ámbito del turismo científico en Andalucía: "Nace con la idea de crear un marco para explicar las matemáticas que no fuera la pizarra, tampoco el interior del aula, sino algo más relajado, en la calle, y que al mismo tiempo permitiese conocer la ciudad de Granada".

A partir de ahí, impulsados por el creciente interés de la ciudadanía, los 'Paseos Matemáticos' se convierten en una actividad cada vez más habitual en la divulgación científica. "Se trataba de aunar la explicación de las matemáticas con visitas de atractivo monumental", expone el investigador de la Universidad de Granada. De esta manera, prosigue Martínez Sevilla, con el paso del tiempo, estos paseos fueron incluyendo cada vez más edificios y nuevos enfoques hasta convertirse en un proyecto interdisciplinar capaz



Álvaro Martínez Sevilla, durante los Paseos Matemáticos por Granada.

de aglutinar la historia, el arte y las propias matemáticas: “Sobrepasamos el plano estrictamente divulgativo y nos internamos en el ámbito del estudio científico. Por ejemplo, descubriendo el patrón triangular y el gran número que sirve de base constructiva en la fachada de un palacio renacentista, o interpretando artísticamente la utilización de determinadas curvas -elipses, espirales, arcos...- en la fachada barroca de la catedral de Granada”.

La ciencia detrás del paseo

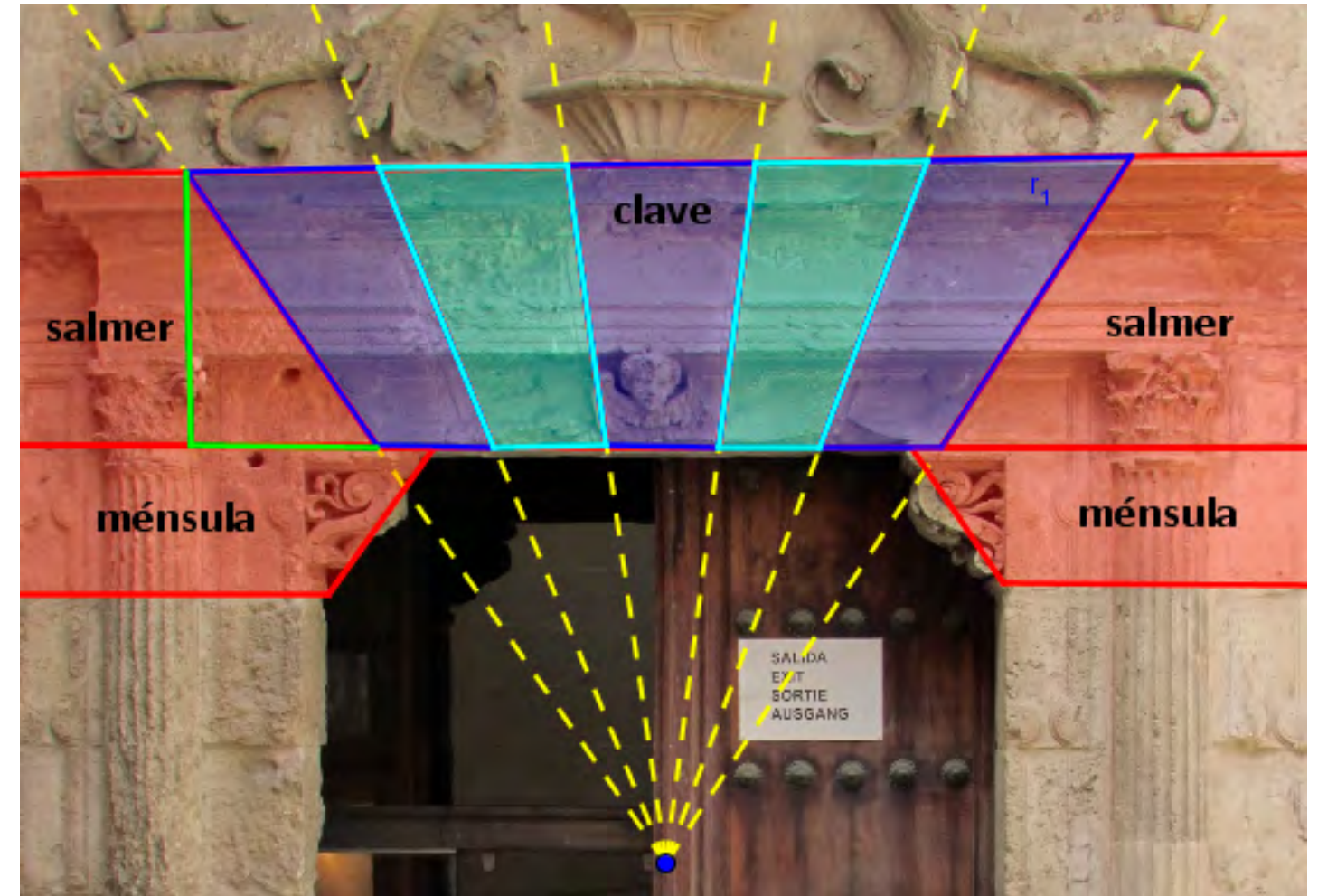
Nada es casual. La preparación de un paseo matemático, profundiza el profesor, es un proceso complejo, sostenido en el tiempo, donde son ineludibles diferentes acciones previas: “Debemos visitar monumentos, tomar fotografías, tener presentes los planos, alzados, además de toda la documentación histórica y fotográfica”. Posteriormente, explica, hay que recurrir a la documentación histórico-artística del edificio. “Quién lo construyó, por qué, en qué contexto social, época, bajo qué circunstancias históricas... Esta información nos permite saber qué tipo de matemá-

ticas podemos encontrar en ellos, ya que, como cualquier otra ciencia, son dependientes de su época”.

Entre los diferentes edificios que ha estudiado el profesor Martínez Sevilla destaca la Casa de los Tiros de Granada, un palacio renacentista ubicado en el barrio del Realejo cuyo estado actual es el reflejo de la historia vivida en él. “Un ejemplo, entre otros, es el de María Rengifo, propietaria por herencia, que introdujo en el edificio un programa iconográfico de heroínas en el salón noble del edificio, paralelo al de héroes que preside la fachada”, explica. En definitiva, resume el experto, se trata de estudiar todo el conjunto: “La comprensión y la lectura completa del edificio es muy dependiente del proceso de documentación”.

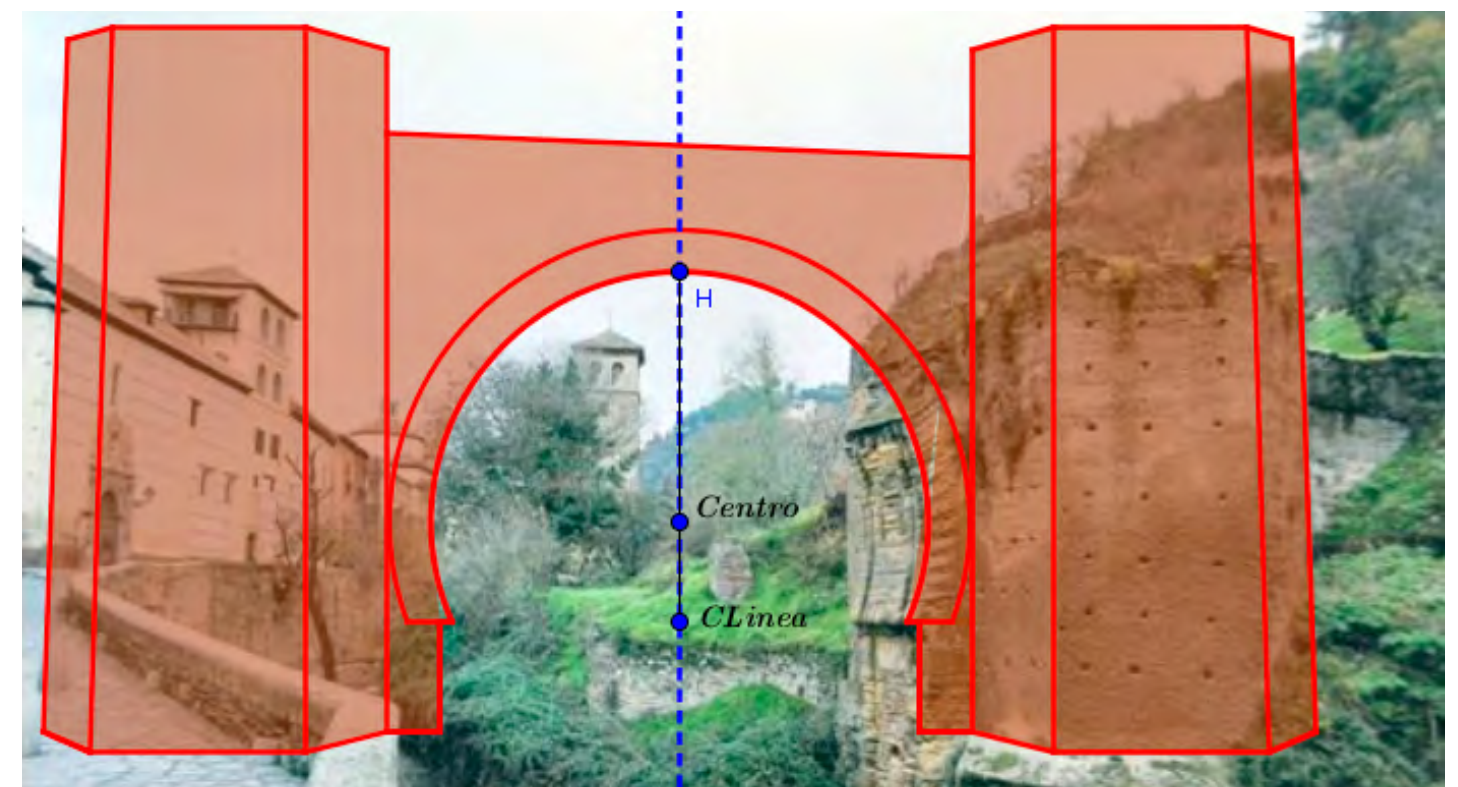
Un nuevo concepto de turista

El turismo científico, donde se engloban los ‘Paseos matemáticos’, surge hace aproximadamente una década y sus orígenes están relacionados, afirma el experto, con la evolución hacia un nuevo tipo de turista: “Es un turismo



Apoyo de las dovelas de la puerta Ecce Homo de la Catedral de Granada.

Puente del Cádiz, en Granada.



ilustrado, personas que se preguntan el porqué de las cosas, tienen un grado de curiosidad añadido, es decir, no solo quieren ver, también comprender”.

De este modo, continúa el especialista, entre los motivos que explican su iniciativa están la ausencia de recursos necesarios para desarrollar un tipo de actividad capaz de satisfacer la curiosidad y el deseo de comprender las matemáticas que hay en el mundo: “Hablamos de hacer turismo con un contenido científico de tipo matemático, no solo rutas divulgativas, que sí ha habido en otros lugares”.

Un libro para ojos inquietos

Martínez Sevilla es autor de una de las primeras obras sobre turismo matemático, escrita no solo desde un punto de vista divulgativo, también científico. El libro, “Paseos matemáticos por Granada: un estudio entre arte, ciencia e historia”, fue publicado en noviembre de 2017. “Se trata de un estudio multidisciplinar, donde los lectores encontrarán matemáticas, historia y arte mezclados en

los monumentos más notables de Granada con el objetivo de descubrir tanto sus criterios constructivos como profundizar en su interpretación histórico-artística”. Entre los edificios emblemáticos descritos en el volumen están la Casa de los Tiros, el Corral del Carbón, la Catedral o el Puente del Cadí, situado sobre el río Darro.

La obra está compuesta por 416 páginas impresas y 200 digitales, incorpora 700 imágenes, de las cuales, más de la mitad, contienen una capa matemática elaborada mediante el software matemático GeoGebra.

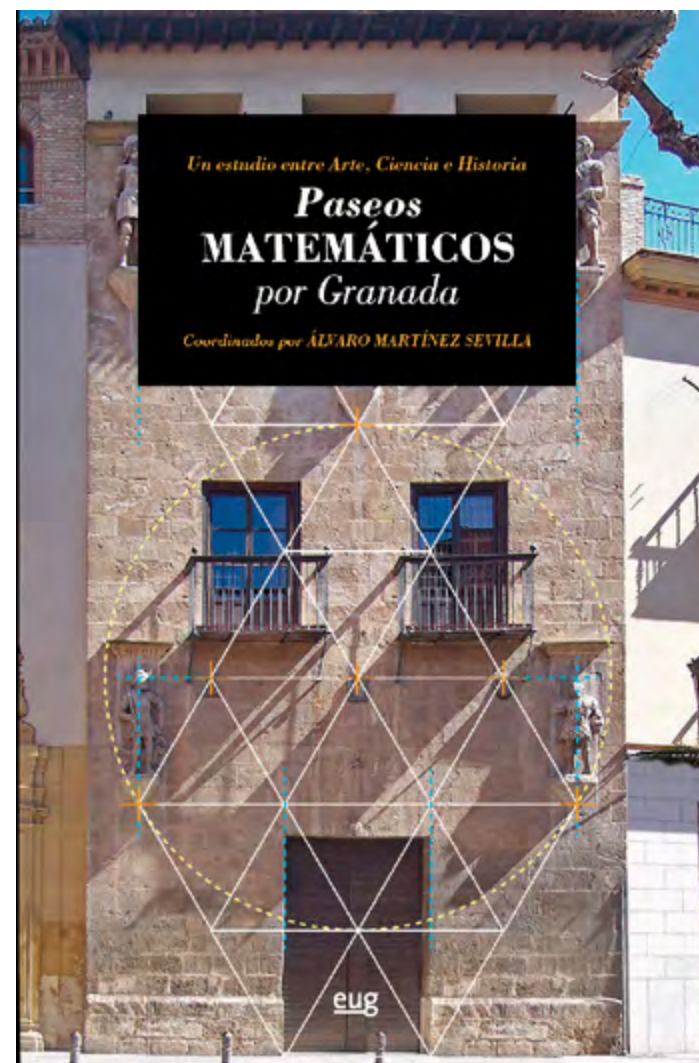
Igualmente, la obra, compuesta por 416 páginas impresas y 200 digitales, incorpora 700 imágenes, de las cuales, más de la mitad, contienen una capa matemática elaborada mediante el software matemático GeoGebra. “Esta incorporación tecnológica permite explorar la geometría de los monumentos de forma visual realizando una especie de ‘ingeniería inversa’ para evidenciar cómo se ordenan las construcciones”.

Un proyecto con futuro

La Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología – FECYT- aprobó el pasado mes de marzo un proyecto que permitirá a la iniciativa ‘Paseos matemáticos’, de la mano de la Fundación Descubre, avanzar en su propuesta de turismo científico. “En el próximo año vamos a trabajar en la construcción de una ruta matemática virtual por Granada”, adelanta el experto. El objetivo, prosigue, es conseguir que los paseos matemáticos por la ciudad granadina puedan seguirse a través de la web –o una aplicación para dispositivos móviles- mediante la herramienta Explora Ciencia de la propia Fundación Descubre: “Lo haremos a través de fotografías de 360 grados y vínculos enlazables en aquellos puntos de especial interés, es decir, donde se necesite aportar información complementaria como, por ejemplo, detallar las matemáticas empleadas o la historia artística de un edificio”.

El proyecto, apostilla el especialista, creará una serie de elementos que acompañen a los paseos y los hagan más comprensibles y pedagógicos: “Emplearemos impresión 3D, recursos audiovisuales... con tecnología 4.0 de tal manera que complementaremos con las últimas tecnologías los paseos”.

Portada del libro ‘Paseos matemáticos por Granada’.



Los polígonos de la fachada, clavados con tachuelas en forma de corazón

LA CASA DE LOS TIROS

Fuente: Álvaro Martínez Sevilla

Hablamos de una de las casas nobiliarias más enigmáticas y complejas del renacimiento andaluz. Una fachada austera, pero cargada de mitología y representaciones heroicas, se combina con tres polígonos en bronce, un triángulo, un cuadrado y un octógono, clavados en la piedra.

La matemática y la historia del arte se entrelazan aquí para construir un relato simbólico que ensalza al héroe renacentista y modela su fachada según un patrón triangular, con un “gran número” o módulo constructivo

dado por la luz de la puerta. La geometría construye la perfección de medidas y proporciones de la casa, mientras que la mitología ofrece una línea de relato para la nueva sociedad. Una y otra también se muestran en el salón noble del palacio, la Cuadra Dorada, donde un cosmos de héroes y heroínas se disponen alineados, siempre según múltiplos de 4 u 8.

Matemáticas para pensar con un libro en las manos, mientras al misterio no desvelado de los polígonos, a buen seguro, aún le quedan más capítulos por escribir.



Observación astronómica
organizada por AstroÁndalus.

La firma andaluza es la primera agencia de viajes en Europa dedicada al turismo astronómico y científico, y entre sus servicios cuenta con diferentes actividades para realizar en pareja, de forma individual o en grupo donde se pueden observar, por ejemplo, los anillos de Saturno o la superficie lunar. Para ayudar a descubrir el Cosmos, los especialistas, un equipo multidisciplinar formado por químicos, físicos o ambientólogos, se ayudan de la propia tecnología científica y han encontrado en los parajes naturales de Andalucía un cobijo inmejorable que permite explicar, de manera profunda y amena, todo tipo de fenómenos relacionados con la astronomía.

Fuente: José Teodoro del Pozo
Asesoría científica: José Jiménez

ASTROÁNDALUS, UNA MIRADA CURIOSA AL CIELO

Una mirada curiosa al cielo. Dos galaxias que colisionan súbitamente. Dos manos que se entrelazan emocionadas. El tiempo se detiene y el cielo es testigo y protagonista de un momento único, inolvidable. Un momento donde la astronomía, ciencia de los astros, es divulgada, ofrecida por los expertos con el objetivo de descubrir, no solo en pareja, también de manera individual o en grupo, aquellos sucesos que ocurren en el Cosmos y que hoy día, gracias a **AstroÁndalus**, una firma andaluza dedicada al turismo astronómico y científico, han traspasado las paredes de las instituciones científicas para instalarse en las agendas de un público cada vez más interesado en incluir la observación de la naturaleza y del Universo entre sus actividades vacacionales.

Para ubicar AstroÁndalus hay que remontarse al año 2013, fecha en la que nace el proyecto, primero como consultoría especializada en asesorar a las administraciones hasta convertirse, poco después, en la primera agencia de viajes en Europa dedicada, de lleno, al astro-turismo. “En primer lugar, el objetivo era impulsar un recurso inmaterial como es el cielo nocturno mediante el uso sostenible de la iluminación urbana. Por ejemplo, se certificaron como **reservas Starlight** los territorios de Sierra Morena o la Sierra Sur de Jaén”, explica el director ejecutivo, José Jiménez. El tiempo, y la curiosidad popular, terminaron por generar un giro en la empresa. “La población expresó su interés, quería que alguien le explicase el Cosmos. A partir de ahí fue cuando nos constituimos como agencia de viajes”. Desde

ese momento, AstroÁndalus ha crecido como entidad y atraído la atención de inversores, instalando sus oficinas en el **Parque Tecnológico de Geolit** (Jaén), y en el **Parque Tecnológico de Andalucía** (Málaga).

La ciencia, el valor diferencial

El conocimiento científico sostiene AstroÁndalus. El estudio de una disciplina como es la astronomía y su posterior divulgación fundamentan los servicios ofrecidos por la empresa. “Aplicamos la ciencia al desarrollo de la industria turística, es decir, contamos con tecnología de último nivel –telescopios o planetarios móviles, por ejemplo- que utilizamos en el día a día de la investigación y que posteriormente empleamos para explicar, en profundidad, cada una de las actividades”, expone Jiménez. Y añade: “El hecho de ser expertos en la materia y saber contarlo supone una ventaja competitiva”.

De este modo, destaca Jiménez, para el desarrollo de su actividad AstroÁndalus se nutre, igualmente, de los apoyos que proporciona la actual red de instituciones científicas y de divulgación ya existente en Andalucía, como la reciente iniciativa de **‘Turismo con Ciencia’**, un proyecto promovido por la **Fundación Descubre** y financiado por la Secretaría General de Economía de la **Consejería de Economía y Conocimiento** de la Junta de Andalucía, que

Viaje para observar la aurora boreal. / AstroÁndalus.



Equipo de AstroÁndalus. Lola Guerrero Díaz, Cristina Raya Simón, José Jiménez y Fulgencio Meseguer.

persigue potenciar el ámbito turístico en la región desde una perspectiva científica. “En definitiva, contamos con la alianza de todos los actores implicados en un turismo de calidad a nivel andaluz”, resume el experto.

Actividades en la naturaleza

Entre los servicios que ofrece AstroÁndalus los expertos destacan, entre otras, las actividades diarias, las escapadas privadas y los viajes. De esta manera, las primeras consisten en jornadas de un día donde es posible realizar una observación astronómica, por ejemplo, de la Vía Láctea, los planetas, las nebulosas o las galaxias entre las mon-



Actividad diaria.

y la dieta. “Tenemos la posibilidad de reservar ‘paquetes’, esto es, hospedaje, transporte o restaurantes. En este caso, hablamos, entre otros lugares, de observación en la Sierra Sur de Jaén, la Sierra Norte de Sevilla o el municipio de Montoro, en Córdoba”, arguye el experto. Por su parte, los viajes son actividades programadas para observar la aurora boreal en países como Noruega, Suecia o Finlandia o conocer los paisajes naturales de Castilla y León. “Como novedad, desde hace un año y medio también disponemos de uno de los planetarios móviles más grandes de España, con capacidad para 70 personas, por el que solo en el año 2017 han pasado más de 10.000 personas”, matiza Jiménez.

El cielo en las escuelas

AstroÁndalus también está presente en las escuelas, donde disponen de diferentes actividades para las etapas de educación Primaria, Secundaria y Bachillerato. El objetivo, apunta Jiménez, es acercar la curiosidad por la ciencia a las personas más jóvenes: “Hablamos de astronomía, heliofísica, meteorología, sostenibilidad... Todo ello mediante talleres lo más amenos posibles”. Entre las actividades más

demandadas por los centros educativos está la instalación de una exposición de 15 paneles tipo roll up tematizada bajo el nombre ‘Mentes en la sombra’. “Este taller pone en valor el rol de la mujer en la historia de la ciencia, su aportación no reconocida, empoderando el papel de referencia que constituyen, el cual debe inspirarnos y emocionarnos”, explica Jiménez.

En definitiva, insiste Jiménez, para que la sociedad pueda entender y disfrutar el cielo, la naturaleza, la clave es ser buenos comunicadores: “En el momento en el que llevamos una actividad puramente científica al ámbito del turismo los estándares son otros, las personas tienen que divertirse, comprender, aprender y, por supuesto, sentirse atendidas correctamente por la persona que guía la actividad”. Por ello, desde sus inicios, AstroÁndalus pone especial hincapié en la formación de sus empleados no solo desde un punto de vista técnico, sino también como divulgadores. “Conseguimos que una noche frente a un telescopio para observar, por ejemplo, los anillos de Saturno, las lunas de Júpiter o los brazos de la galaxia de Andrómeda sea una experiencia divertida, amena e inolvidable”, concluye.

Andrés Payo García,
ingeniero en costas,
especialista en modelización.



Andrés Payo García, ingeniero en costas, especialista en modelización de sistemas costeros. Aunque no

le gustaban mucho las clases, los vídeos de Jacques Cousteau le acercaron la profundidad del mar y la curiosidad necesaria para convertirse en investigador. Andrés Payo García (Algeciras, 1977), no sabía que sería científico pero sí que le apasionaban las Ciencias del Mar, carrera que cursó en Cádiz antes de pasar por Granada, Estados Unidos y Japón para continuar su formación y convertirse en un referente en la ingeniería marina. Doctor y especialista en Modelización de sistemas costeros, Payo es investigador asociado del Instituto del Cambio Ambiental (ECI) de la Universidad de Oxford, investigador visitante de la Universidad de Southampton, y lidera la línea de investigación en resiliencia y riesgos costeros en el Servicio Geológico Británico. Ha compartido trabajo con más de un Premio Nobel y utiliza la ciencia para entender y poder anticiparse a inundaciones, pero también a las grandes migraciones relacionadas con los cambios ambientales.

“EN INVESTIGACIÓN, SER INGENUO TE AYUDA A PLANTEAR MÉTODOS INNOVADORES CON POTENCIAL PARA DAR RESPUESTA A GRANDES PREGUNTAS”

Fuente: María Ruiz
Asesoría científica: Andrés Payo

Los vídeos de Jacques Cousteau y su afición a la pesca submarina le hicieron sumergirse en la ciencia. ¿Cómo decide ser investigador un chaval al que no le gustaban demasiado las clases?

Tengo la suerte de tener unos padres con una gran intuición, haber vivido el despertar de los documentales submarinos y haber nacido en un entorno único como es el estrecho de Gibraltar. La gran intuición de mis padres fue animarme a estudiar una carrera universitaria en aquello que me apasionara sin importar si las salidas profesionales eran las mejores del momento o no. En los años 70, Jacques Cousteau abrió por primera vez una ventana al mundo submarino con sus series documentales -me los he visto todos, varias veces-, y con 10 años me regalaron mi primer neopreno para bucear en el Estrecho en invierno y en verano. Cuando llegó el momento de elegir carrera, yo no sabía en qué consistía ser

un investigador, pero sentía una enorme curiosidad por saber más sobre el medio marino y me decanté por estudiar Ciencias del Mar en la Universidad de Cádiz.

Un susto buceando en apnea le hizo buscar respuestas en la ciencia. ¿La curiosidad le ha impulsado de Algeciras hasta Oxford?

Ser un ingenuo y vivir con la máxima de que el conocimiento nos hace libres me ha llevado desde Algeciras hasta Oxford y me sigue guiando hoy. En el último año de carrera sufrí un 'blackout' (pérdida del control motor de tu cuerpo) cuando ascendía después de una espera profunda cuando practicaba pesca submarina en la Isla de Tarifa. Por suerte tenía al compañero cerca, el gran Antonio Alaminos, que me asistió haciendo que solo quedara en un susto. Incluso después del susto, abandonar la pesca en apnea no era una opción -los beneficios superan los ries-

gos de este deporte-, por lo que la formación era la única opción posible. Ahorré mientras trabajaba en mi doctorado y me fui a Italia a hacer un curso de apnea en la academia liderada por Umberto Pelizzari, plusmarquista mundial y leyenda viva de este deporte. Entonces aprendí que, salvo lo de tener al compañero cerca, todo lo que hice el día del accidente estaba mal hecho. Ser ingenuo es también algo necesario en la carrera científica. Para trabajar en la [Universidad de Oxford](#) como investigador postdoctoral tienes que explicar en una entrevista personal cómo piensas afrontar el proyecto de investigación para el que se te va a contratar. Mucha gente sabrá que la Universidad de Oxford es puntera a nivel mundial por intentar dar respuesta a las preguntas más importantes de nuestro tiempo, pero pocos sabrán que es un ejército de investigadores postdoctorales el encargado de hacer la investiga-

ción. En este contexto, ser ingeniero te ayuda a plantear métodos innovadores que, aunque arriesgados, tienen el potencial de aportar esa perspectiva necesaria para dar respuesta a grandes preguntas. El método planteado resultó exitoso para dar respuesta al proyecto de investigación que realicé en Oxford (2012-2016) y ahora me ha llevado a liderar la investigación en resiliencia costera y riesgos geológicos en el [Servicio Geológico Británico](#), donde actualmente trabajo como investigador senior.

Estudió en Cádiz, hizo un doctorado en Granada, se formó después en Estados Unidos y viajó a Japón. ¿La carrera de investigador exige ser un 'atleta de fondo'? ¿Sigue siendo necesario salir de España?

Salir de tu zona de confort es siempre positivo para avanzar, pero igual que en muchas otras profesiones, no hay recetas universales. Si has estudiado toda tu vida en España, hacer ciencia en otro país te ayuda a crecer como persona e investigador, pero insisto que cada uno tiene su propio ritmo. Como les dije a los participantes en una jornada de Diverciencia en una ocasión, cuando todo a tu alrededor te pida ir más deprisa, tú simplemente ve a tu ritmo. Por ejemplo, en Estados Unidos, hacer más de un postdoctoral se considera casi un fracaso. En mi caso, creí necesario exponerme a cómo se hace investigación en distintos contextos para armarme de las habilidades que creo son necesarias para dar respuesta a las preguntas a las que mi generación tiene que enfrentarse. Yo trabajo en un área, la ingeniería de costas, que no avanza tan rápido como otras y las preguntas que quedan por responder suelen estar en la frontera de múltiples

disciplinas tradicionales, por lo que hay que dedicar más tiempo a la formación para darles respuesta sin re-inventar la rueda.

Se especializó en modelización de sistemas costeros, con una ingeniería en costas. ¿En qué consiste su especialidad?

Ingeniería de costas se practica desde tiempos históricos pero la ingeniería de costas como ciencia es una ciencia relativamente joven. La zona costera, donde el mar se encuentra con la tierra, es una de las zonas más peligrosas para vivir y desarrollarse, sin embargo, las mayores concentraciones de población del mundo están en zonas costeras debido a la falta de análogos tierra adentro. La ingeniería de costas aplica el método científico para gestionar los riesgos que conlleva todo desarrollo en la zona costera. A medida que una población costera crece, el valor de los bienes e infraestructuras como hoteles o puertos que se sitúan en la zona de riesgo aumentan, aumentando las pérdidas en caso de desastres como la erosión costera o un tsunami. La modelización de sistemas costeros nos ayuda, entre otros, a anticipar cómo esas estructuras y el medio natural que les da soporte pueden evolucionar en el tiempo y planificar las actuaciones costeras para mantener los riesgos bajo un umbral tolerable.

Ha trabajado con varios de los investigadores que pertenecen al Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, conocido como el Panel Intergubernamental del Cambio Climático, que fue galardonado con el premio Nobel de la Paz en 2007. ¿Puede la ciencia aplicada al medio ambiente facilitar la paz?



Andrés Payo, durante una expedición.

Sí, estoy convencido de que la ciencia aplicada al medio ambiente puede facilitar el camino hacia la paz anticipándose a cambios ambientales y socioeconómicos que puedan crear tensiones entre distintos agentes. Como alguna vez le he escuchado a Antonio Gala, gran poeta y librepensador andaluz, "hay que prepararse para la paz en lugar de para la guerra". Evitar tensiones entre hermanos y vecinos es una forma de prepararse para la paz, y en ese sentido la capacidad anticipadora de la ciencia juega un papel facilitador. Nótese aquí que he elegido las palabras facilitar y cambios ambientales y socioeconómicos en lugar de conseguir y cambio climático. Conseguir la paz es una tarea de todos y no únicamente de la ciencia, y el concepto de cambio ambiental y socioeconómico es más amplio y complejo que el de cambio climático.

Trabaja ahora en la Universidad de Oxford, considerada un referente mundial, e investiga también como contratado en la Universidad de Southampton. ¿Cómo fue el camino de Algeciras a Reino Unido?

El camino ha sido y sigue siendo un camino a mi ritmo, sin dejarme influenciar por aquellas voces que me pedían ir más deprisa en cada fase del camino. Cuando me tocó elegir la carrera, Ciencias del Mar no estaba en la lista de las más deseadas o con más salidas profesionales. Entre las carreras de ciencia destacaban las de Medicina o ingenierías, que son las carreras que la mayoría de mis amigos del instituto eligieron. Al terminar la carrera identifiqué que lo que más me gustaba era la ingeniería de costas, pero necesitaba mucha más formación si quería ser competitivo en un sector laboral copado casi en

su totalidad por ingenieros civiles. Al igual que en el baloncesto están los hermanos Gasol como referentes nacionales, en la ingeniería de costas están los hermanos Losada. Un día me presenté en el despacho del mayor de los hermanos, Miguel Losada, y le expresé mi interés en la ingeniería de costas. Al poco tiempo estaba haciendo el doctorado en la **Escuela de Caminos de Granada** con un excelente mentor. Al terminar el doctorado, me quedé con ganas de desarrollar mis habilidades experimentales en laboratorio y conseguí una beca postdoctoral para la **Universidad de Delaware** (EEUU). Pasé dos años en la misma Universidad donde los hermanos Losada y otros grandes ingenieros costeros españoles se habían antes formado. Allí tuve otro gran mentor, el profesor Nobuhisa Kobayashi, que me abrió las puertas para hacer una visita de un año a la **Universidad de Kumamoto** (Japón), donde empecé a desarrollar mis habilidades de campo. De Japón regresé con un contrato de trabajo en una empresa dedicada a la oceanografía y con un nuevo miembro en la familia. En la empresa privada tuve la ocasión de trabajar en multitud de proyectos y de avanzar exponencialmente en mis conocimientos sobre instrumentación oceanográfica. Eran entonces los años de la crisis económica en España y la actividad empresarial se resentía, así que empecé a mirar opciones dentro y fuera de España. Surgió la oportunidad de trabajar en la Universidad de Oxford, presenté mi candidatura y así fue mi camino desde Algeciras hasta Oxford.

Aborda en sus trabajos el cambio ambiental, que no el cambio climático, ¿qué diferencia ambos términos?

Mis trabajos tienen que ver siempre con el cambio: cómo cambia la costa tras la construcción de un puerto o infraestructuras de protección, cómo cambian los patrones de migración en zonas superpobladas, cómo cambia la productividad agrícola de una zona deltaica bajo la influencia del cambio climático. La principal diferencia estriba en el énfasis sobre qué es lo que está cambiando. Cambio climático hace el énfasis en el clima, mientras que el cambio ambiental lo hace en el medio que nos rodea.

Actualmente está inmerso en tres proyectos con inversiones millonarias,

uno de ellos para reducir el gasto por inundaciones costeras en Gran Bretaña...

Las costas de Gran Bretaña, igual que en la mayor parte del mundo, sufren procesos de erosión crónica hasta el punto de poner hoy en día en peligro de inundación costera infraestructuras y propiedades que cuando se construyeron estaban fuera de la zona de peligro. A la necesidad de proteger estas zonas se une la de construir nuevas infraestructuras para abastecer la demanda de una población creciente. En un contexto donde los recursos económicos son limitados, los

gestores se ven en la necesidad de planificar sus actuaciones a escalas temporales de décadas a siglos. Mi investigación consiste en desarrollar las herramientas que permitan explorar los pros y los contras de las distintas intervenciones en la costa a estas escalas.

Con inversión canadiense aborda además soluciones a problemas futuros en el delta de Bangladesh. ¿Puede la ciencia adelantarse a los grandes desastres ambientales?

R.- Sin duda, la ciencia multidisciplinar puede ayudar a construir sociedades más resilientes. El Delta

de Bangladesh es una de las zonas más densamente pobladas del mundo siendo su principal actividad la agricultura y acuicultura. Ambas actividades dependen directamente de las condiciones ambientales (sequías, inundaciones, salinización del suelo,...), pero también de cómo se usa el suelo. En la actualidad, la salinidad del suelo está aumentando, reduciendo así la cosecha de los agricultores y reduciendo su rentabilidad hasta el punto de quedar atrapados en el ciclo vicioso de la pobreza. La ciencia está trabajando en varios frentes, como por ejemplo desarrollar cultivos más resistentes a la salinidad del suelo, y una

mejor gestión integral del uso del suelo y de las aguas de regadío. La ciencia está ayudando a identificar las inter-dependencias entre sectores antes pensados independientes y sentando en la misma mesa a gestores que no solían trabajar de forma coordinada.

Una de las líneas de trabajo de su equipo pretende evitar las migraciones por cuestiones ambientales, ¿es la sociedad consciente de los millones de desplazados que puede provocar la naturaleza?

La investigación no pretende evitar las migraciones ambientales, sino entenderlas para, de nuevo, anticiparse a posibles escenarios futuros y mejorar su gestión. Las migraciones han ocurrido en el pasado, ocurren en el presente y lo harán en el futuro. La propia definición de migrante está abierta a debate, ya que las personas nos desplazamos a diario para realizar distintas actividades. Es la distancia y la duración de estos desplazamientos lo que se percibe como migración o no. Dentro de los migrantes se pueden diferenciar aquellos que migran de manera voluntaria o forzosa, y también están los que queriendo migrar no pueden por limitación de recursos o gobernanza. La sociedad prefiere mirar hacia otro lado cuando se trata de migraciones masivas o de minorías olvidadas. Por ejemplo, la tragedia humanitaria que esta ocurriendo hoy con los Rohingya y su migración desesperada desde Myanmar a Bangladesh sencillamente no debería de ocurrir en el siglo XXI, pero ocurre. Los escenarios de crecimiento de población en África unido a las proyecciones de cambio ambiental global sugieren que aún no hemos visto la peor cara de las migraciones internacionales.





Bartolomé Andreu, en el laboratorio del Centro de Hidrogeología de la UMA. Imagen cedida por Arciniega, La Opinión de Málaga.

¿DE QUÉ FORMA LA CIENCIA AYUDA A MEJORAR LA GESTIÓN DEL AGUA COMO RECURSO?

iDescubre desgrana, con motivo del Día Internacional del Agua, hoy 22 de marzo, la importancia de este medio natural, imprescindible para la vida, pero también finito. Asimismo, los especialistas analizan cuáles son los principales retos que asumen la ciencia y la tecnología a la hora de garantizar un tratamiento, gestión y abastecimiento sostenibles y eficientes para las personas y el medio ambiente.

Fuente: José Teodoro del Pozo

Asesoría científica: Bartolomé Andreu y Enrique Gutiérrez

Desde un punto de vista químico, el agua es una molécula, formulada como H_2O , compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Para los expertos, se trata, además, de un recurso natural indispensable para la vida en la Tierra de las personas, los animales, las plantas o del propio ecosistema, un elemento que participa activamente en la estabilización de la temperatura del planeta, el crecimiento de los cultivos, la fabricación de productos, la facilitación del transporte, la limpieza del aire o de la superficie terrestre, la reproducción o el suministro de un hogar para los animales marinos. “En definitiva, es un compuesto omnipresente, que trasciende fronteras entre la ciencia y la cultura, independientemente del lugar en el que nos encontremos”, explica el catedrático de Geodinámica Externa y director del [Centro de Hidrogeología de la Universidad de Málaga](#), Bartolomé Andreu.

En particular, las personas, además de beberla para sobrevivir, también emplean el agua en otro tipo de usos. “Hablamos, entre otros, de la cocina, la higiene, el lavado de la ropa, el mantenimiento de los hogares, los jardines, los negocios, las comunidades o la recreación y el deporte”, argumenta el especialista. De cualquier manera, insiste, se trata de un recurso vital y, al mismo tiempo, limitado: “De la misma forma que los incendios se apagan en invierno cuando se hacen los planes de protección, la deforestación de los caminos o los cortafuegos, las sequías se deben mitigar en época de lluvias, es decir,

cuando existen recursos y es posible afrontar una previsión y una planificación correctas”.

Recursos hídricos en Andalucía

En el mundo, tres cuartas partes de la superficie están cubiertas de agua (mares, ríos, lagos...); en España, según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, la cantidad y demanda de este recurso natural son similares a las de otros países desarrollados. Una necesidad que, advierte este organismo internacional, aumentará un 50% en 2050 a nivel mundial. En el caso concreto de Andalucía, presenta varias demarcaciones hidrográficas: la del Guadalquivir, las Atlánticas –formadas por Guadalete-Barbate y Tinto-Odiel Piedras– y la Mediterránea. “La Junta de Andalucía gestiona las dos últimas y la primera depende directamente del Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio ambiente”, sostiene el especialista.

De este modo, la geografía andaluza, por su ubicación climática, es un territorio en el que, expresa Bartolomé Andreu, no hay demasiados recursos de agua a pesar de ser una comunidad donde, por el contrario, existe una demanda elevada: “Es necesaria para el abastecimiento, las actividades industriales o el regadío, y este último es el que más consume, con diferencia”. Y alienta: “Aunque no son abundantes de manera natural, sí se pueden gestionar de forma adecuada y eficiente para cubrir la demanda de manera bastante razonable”.

Aguas subterráneas y superficiales

Pero... ¿cuáles son los principales recursos hídricos hoy día? Para los especialistas, estos se encuentran tanto en la superficie como debajo de ella. En el caso del primero, se conocen como aguas superficiales o embalses, proceden de los manantiales o de las precipitaciones, y es un líquido que no se infiltra ni regresa a la atmósfera por evaporación. Por su parte, las aguas subterráneas o acuíferos constituyen un bien ‘oculto’. “El agua, una vez que se introduce –infiltra– por los poros del suelo puede moverse subterráneamente desde cotas más altas a otras más bajas”, sostiene el investigador de la Universidad de Málaga.

Según los especialistas, en España en general y Andalucía en particular, existe un buen número de kilómetros cuadrados de superficie porosa y permeable. “En nuestra comunidad, a guisa de ejemplo, están las depresiones del

Guadalquivir, Granada o Ronda. Son acuíferos detríticos o de porosidad inter-granular, es decir, hay una serie de granos, como grava o arena, por entre los cuales circula el agua”, explica Andreo. Además, prosigue, hay otro tipo de acuíferos formados por rocas solubles, esto es, que se pueden disolver y llegan a generar cuevas como consecuencia del movimiento o flujo del agua: “Estas son, por ejemplo, las Cuevas de Sorbas, en Almería, u otras grutas originadas por disolución como la Sierra de Grazalema, en Cádiz, la Sierra de las Nieves, en Málaga, o la Sierra de Tejeda, Almijara y Alhama entre las provincias de Granada y Málaga”.

Para Bartolomé Andreo, la clave está en gestionar las actuales fuentes de agua dulce, superficial y subterránea, dependiendo de las necesidades: “Habrá lugares en los que podamos combinar ambos tipos de agua, gastando, por ejemplo, primero la de los embalses y después la de los acuíferos. O viceversa”. Y añade: “No se puede gestionar lo que no se conoce”. Y es que, para el investigador, la única forma de saber cuándo es mejor aprovechar los embalses o los acuíferos es estudiar y conocer el funcionamiento de los acuíferos: “Hay que plantear su uso de forma conjunta, combinada, en función de lo que interese. El hándicap es la falta de conocimiento que hoy día existe de las aguas subterráneas, por lo que necesitamos introducir, aún más, su estudio en el actual plan de investigación de nuestra comunidad”.

El papel de la ciencia

Además del Centro de Hidrogeología de la Universidad de Málaga, que dirige Bartolomé Andreo, la provincia malagueña cuenta con

otra entidad, el [Centro Andaluz de Investigaciones del Agua](#), Cetaqua Andalucía, fundada en 2014 por la empresa andaluza Hidralia, la propia Universidad de Málaga y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas para garantizar la sostenibilidad y eficiencia del ciclo hidrológico mediante la aplicación del conocimiento académico al agua y al medio ambiente. “Su escasez y su deterioro son sinónimos de conflicto, de dependencia y de vulnerabilidad, tanto entre regiones como en el seno de una misma sociedad. La tecnología, la investigación, la innovación y los modelos de gestión nos permiten caminar hacia una economía circular y un futuro sostenible y eficiente”, explica a iDescubre el gerente de Cetaqua Andalucía, Enrique Gutiérrez.

De este modo, Cetaqua trabaja en el desarrollo de tecnologías y conocimiento destinados a mejorar su gestión y regeneración, generando, afirman, soluciones aplicadas al uso cotidiano de este bien natural: “El cambio climático nos obliga a replantearnos su uso, es decir, gestionarla eficientemente y de manera integral es y será esencial para la sociedad”. Por ello, prosigue el experto, las medidas abarcan diferentes líneas de actuación: “Desde la ordenación de los recursos subterráneos, evitando su sobreexplotación, hasta la búsqueda de fuentes alternativas y eficientes, así como la promoción de la regeneración o la reutilización del agua residual como solución sostenible a largo plazo”.

En concreto, entre los proyectos de investigación desarrollados por Cetaqua Andalucía, los investigadores destacan ALOHA, una iniciativa destinada a la

Investigación aplicada

En concreto, entre los proyectos de investigación desarrollados por Cetaqua Andalucía, los investigadores destacan ALOHA, una iniciativa destinada a la



Imagen para la detección de piscinas.

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL AL SERVICIO DEL AGUA

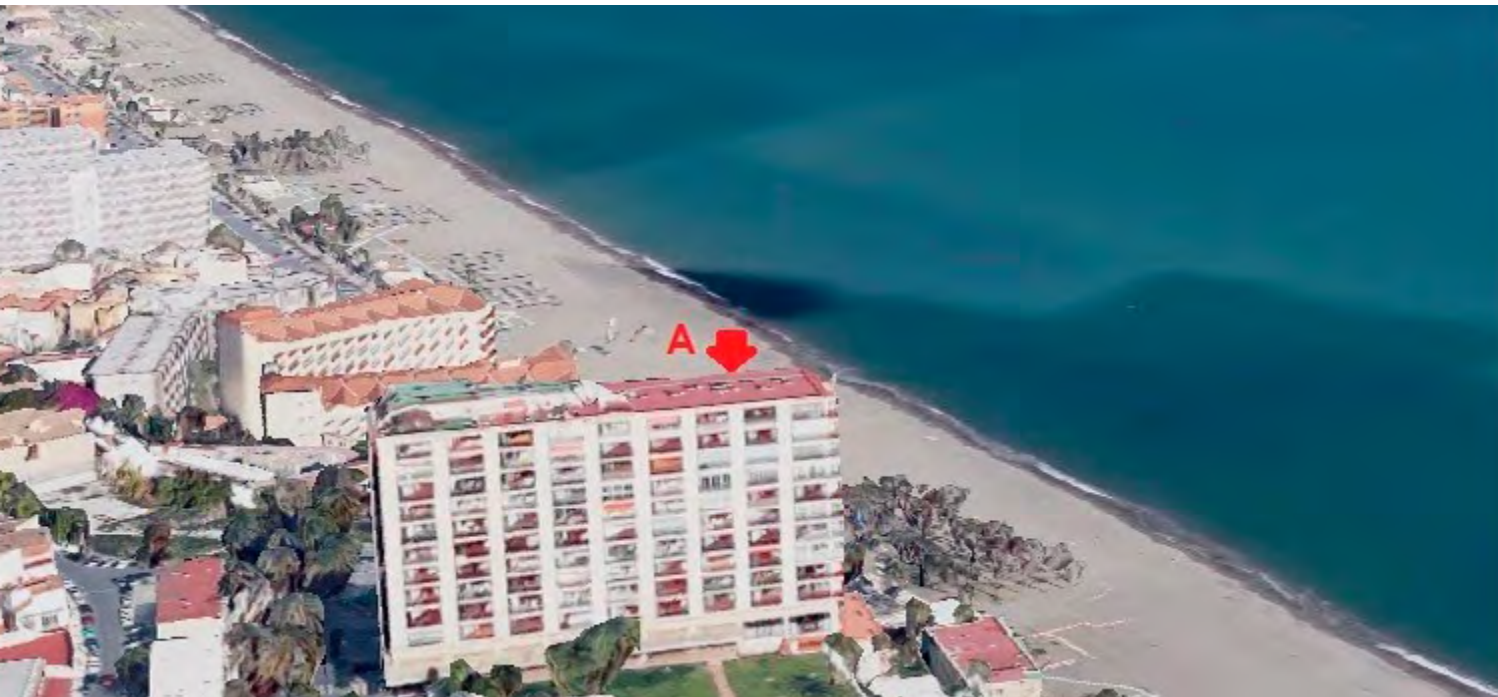
Desde Cetaqua trabajan igualmente en la aplicación de la inteligencia artificial en el ciclo del agua, por ejemplo, empleando técnicas de Deep Learning en el procesamiento de imágenes. “Esto nos permite mejorar procesos como, por ejemplo, la detección y clasificación de sedimentos en tuberías de saneamiento; o desarrollar productos innovadores para la identificación de vertidos en aguas de baño”, explica Enrique Gutiérrez.

Algunos ejemplos de la aplicación de este tipo de tecnología son los proyectos GISPOOL o SEGVERT –acrónimo, este último, que procede de SEGuimiento de VERTidos-. El primero está destinado a la detección de elementos de interés

para la gestión del agua como zonas verdes, piscinas o campos de golf, por ejemplo, a partir del procesamiento de imágenes satelitales. “Esta técnica facilita un caudal de información fiable que permite prever la demanda de agua y así mejorar la gestión garantizando un uso más sostenible”, sostiene el experto.

Por su parte, según Gutiérrez, la otra iniciativa basada en visión artificial está relacionada con la protección de las zonas costeras: “En concreto, persigue la identificación de vertidos en la costa mediante la instalación de cámaras de vídeo que hacen un barrido continuo de la costa, en este caso la de Torremolinos, municipio en el que se realizó este proyecto

junto con Aguas de Torremolinos. El sistema permitió localizar en el agua del litoral la presencia de vertidos, que podían suponer un riesgo de contaminación en el agua de sus playas”. De este modo, el sistema de visión artificial capta diversas imágenes mediante cámaras ubicadas en posiciones elevadas, y éstas envían las fotografías a un servidor central, situado en la empresa, donde un algoritmo detecta la presencia de vertidos en el agua. “En caso positivo, envía un aviso automático al ayuntamiento o a la empresa gestora de agua con la localización del vertido en cuestión de un minuto aproximadamente. De esta forma, se facilita la toma de muestras del potencial foco de contaminación”, concluye el especialista.



Imágenes desde la cámara Segvert.

recarga artificial de los acuíferos para una gestión más sostenible. También MODPRED, un modelo predictivo que permite anticiparse a situaciones de escasez previendo la cantidad necesaria que deberá obtenerse de cada una de las diferentes fuentes de suministro. “De esta forma, mejoramos la disponibilidad de los recursos hídricos, así como la calidad del servicio para el ciudadano, puesto que se podrán anticipar con mayor antelación momentos críticos como los episodios de sequía”, explica Gutiérrez.

O el proyecto GEOMAR, que ha permitido conocer la geometría interna de los acuíferos que abastecen a la población de Marbella (Málaga) para mejorar su gestión teniendo en cuenta la escasez de recursos hídricos que caracteriza a esta zona de la Costa del Sol. “Por medio de técnicas geofísicas, es decir, métodos indirectos no intrusivos, es posible definir la geometría, composición y delimitación de los acuíferos profundos, usados para el abastecimiento de agua a la población”, expresa Gutiérrez. Igualmente, GEOMAR precisa las relaciones hidrogeológicas entre los diferentes acuíferos y entre estos y el mar. “Conocer cómo son las aguas subterráneas, cómo funcionan y cómo se pueden relacionar o conectar unas con otras facilita la tarea de evaluar tanto su estado actual como su uso potencial”, agrega.

Medidas a pie de calle

Además de la importancia de la ciencia y la tecnología en la mejora de la gestión del agua, los especialistas también

ponen el foco en el papel tanto de las administraciones locales como de la ciudadanía. “Son necesarios planes de ordenación urbana razonables y compatibles con los recursos hidrológicos de la zona en concreto, de otra forma se generan problemas relacionados con el consumo desmesurado de agua”, opina Bartolomé Andreo. Y concluye: “Como individuos debemos dejar de provocar un consumo excesivo, tratar de reutilizarla, esto es, usarla de manera razonable, eficiente y sostenible”.

Localización de la cámara SEGVERT.



EN EL PRÓXIMO NÚMERO...



Vertidos en Aznalcóllar.

Mirador: La aportación de la ciencia en los 20 años del desastre de Aznalcóllar.



Participantes en el Diálogos.

Diálogos: Agricultura ecológica y transgénicos.



Los test genéticos, cada vez más habituales.

Respuestas: Cuál es el destino de los test genéticos.

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.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

Gema Revuelta

José Teodoro del Pozo

Luz Rodríguez

María Ruiz

José María Montero

Álvaro Martínez

HAN COLABORADO...

Álvaro Martínez

Teresa Cruz

Miguel Carrasco

Adelaida de la Calle

Manuela Reina

Carmen García

Fernando Bolívar

José Jiménez

Virginia Paloma

Sebastian Rinken

Raquel Seijas

Gema Revuelta

Andrés Payo

Bartolomé Andreo

Enrique Gutiérrez

José María Montero

DISEÑO

Daniel López Martínez

Revista iDescubre

<https://idescubre.fundaciondescubre.es>

ISSN 2444-6920

REVISTA FUNDADA EN 2015

Edita:

**DES
Q
BRE**
FUNDACIÓN



ENCONTRARÁS EN DESCUBRE

V

