

CIENCIA PARA TODOS

LOS PÚBLICOS



La invisibilidad de
Vera Rubin

Los trapenses, a
40 años luz

De las estrellas
a las plantas, un
viaje por la ciencia
más accesible

Meteoroides,
meteoros y
meteoritos, ¿en qué
se diferencian?

MIRADOR



06
La invisibilidad de Vera Rubin

DIÁLOGOS



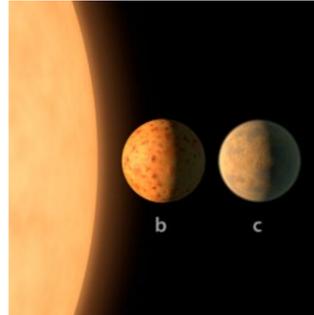
13
Ciencia para todos los públicos. La divulgación en busca de nuevos escenarios, herramientas y públicos

PERFILES



24
Elías Fereres Castiel. Un revolucionario con traje de ingeniero

LETRAS



27
Los trapenses, a 40 años luz

CIENCIA&COMPAÑÍA



32
De las estrellas a las plantas, un viaje por la ciencia más accesible

NACIENCIA



38
Alfombras cobrizas para los olivos

SIN FRONTERAS



42
Carlos Rivero Osuna
"La 'humanización' de los datos: ahora describen cómo somos"

¿@? RESPUESTAS



45
Meteoroides, meteoros y meteoritos, ¿en qué se diferencian?

EDITORIAL

La Ciencia está en la calle, ha sido capaz de vencer el miedo, o el pudor, a la popularización y llega a los ciudadanos de la mano de herramientas más o menos convencionales pero también de recursos inesperados. La sorpresa y la diversión no están reñidas con el rigor, y con frecuencia son el mejor estímulo para la mejor divulgación. El asombro es la chispa que siguen compartiendo los investigadores más sesudos y los niños que por vez primera se asoman a este universo.

Ya no hay excusa para rechazar el conocimiento científico al considerarlo algo lejano porque ahora nos sorprende en cualquier esquina, en cualquier escenario, a cualquier hora, sin que tengamos que ir a buscarlo y sin necesidad de ser especialistas en ninguna materia. Y como prueba de esta pequeña revolución repasamos en este número de iDescubre algunas de las mejores prácticas en divulgación, tanto en suelo andaluz como en otros lugares de España o el mundo.

La propia agenda de contenidos que va dictando la actualidad es ya, en cualquier medio de comunicación generalista, un llamativo resumen de disciplinas científicas. Algo que, invirtiendo el argumento, también se refleja en nuestra revista, donde la oferta de artículos y reportajes está muy vinculada a las noticias que nos interesan o nos preocupan a diario: los incendios forestales, el descubrimiento de nuevos exoplanetas, las inundaciones por lluvias torrenciales, la contribución de la Ciencia al deporte...

Incluso, y como no podía ser de otra manera, los grandes debates ciudadanos, aquellos en los que tratamos de crecer como sociedad, también están presentes en la comunidad científica y de ellos nos ocupamos al hablar de igualdad de género o de accesibilidad.

La Ciencia ya está en la calle y nos ofrece su mirada para entender mejor lo que nos rodea y para entendernos mejor a nosotros mismos.

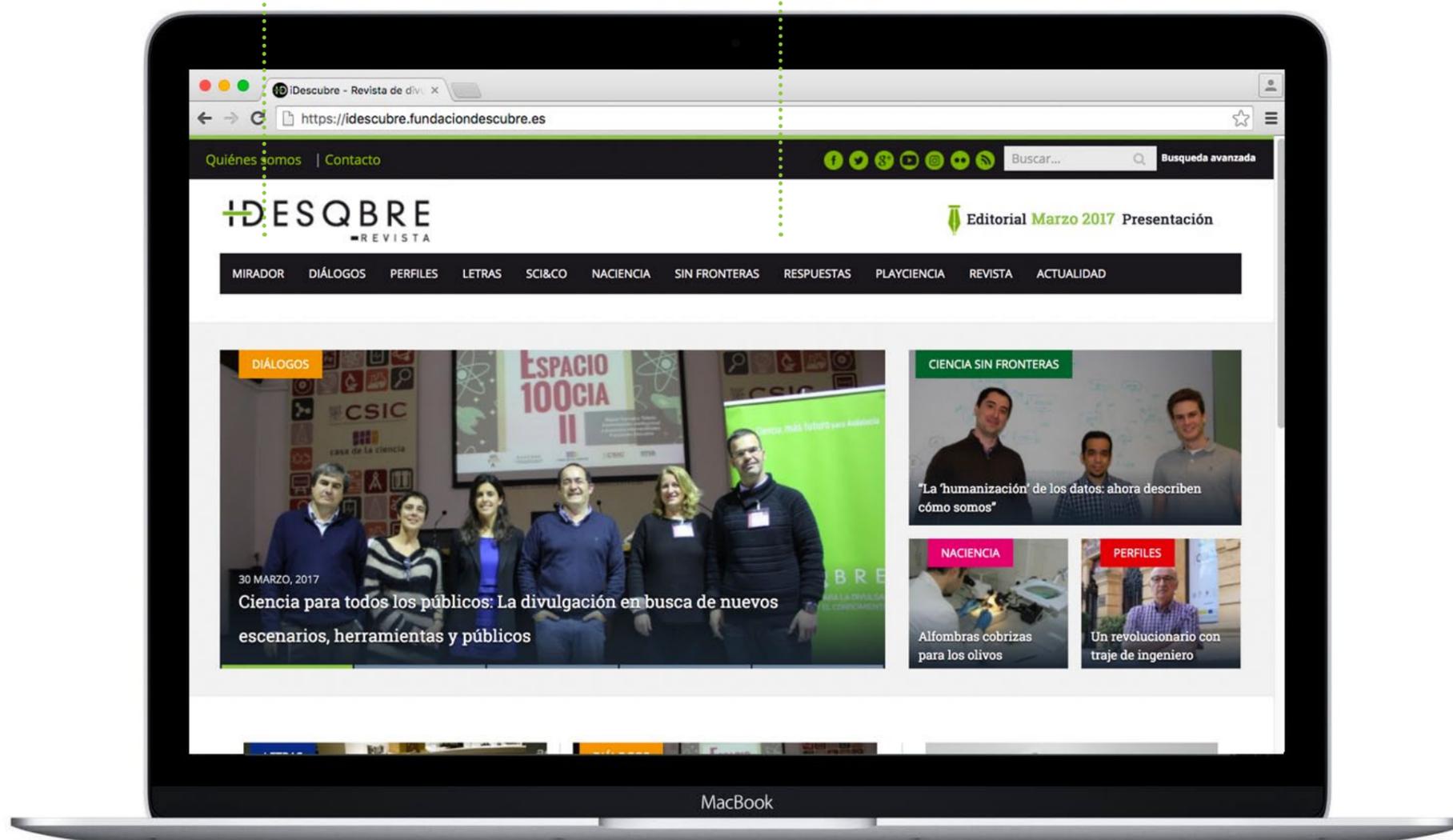


Imagen de la página web iDescubre.



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 INVISIBILIDAD DE VERA RUBIN

En el Día internacional de la Mujer las investigadoras Mercedes Siles y Clara Grima, junto al profesor de Educación Secundaria Fernando Carmona, repasan, entre otros, los datos más relevantes del último informe del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, 'Científicas en Cifras 2015', donde se pone de manifiesto las desigualdades entre hombres y mujeres a la hora de acceder a puestos de responsabilidad -catedráticas de universidad, por ejemplo- o cargos de alto nivel -gestión o dirección- además de la escasa visibilidad del trabajo de las científicas en la sociedad.

Fuente: José Teodoro del Pozo Cruz

Asesoría científica: Clara Grima, Mercedes Siles Molina, Fernando Carmona.

El 13 de octubre de 2016 se concedieron los Premios Nobel del pasado año. Entre otros, figuraban: Jean-Pierre Sauvage, James Fraser Stoddart y Bernard Lucas Feringa, en Química, por su trabajo en el desarrollo de minúsculas máquinas moleculares; o David Thouless, Duncan Haldane y Michael Kosterlitz, en Física, gracias a sus descubrimientos sobre estados poco comunes de la materia. Pero la estadounidense Vera Cooper Rubin, fallecida en diciembre de 2016, pionera en demostrar, en 1970, la existencia de materia oscura, no estaba entre los elegidos. A pesar del aparente 'acuerdo' en la comunidad científica internacional, no apareció en la lista definitiva. Y como ella, tampoco el trabajo de ninguna otra mujer fue reconocido, en 2016, por la Academia.

Clara Grima: "El porcentaje de mujeres con estudios universitarios ha crecido en las últimas décadas, pero la distribución por carreras es aún desigual, por ejemplo, la presencia en Física e Ingeniería es muy inferior a la de los hombres".

El caso de Rubin no es el único. A lo largo de la historia, tampoco han recogido el reconocimiento a sus trabajos mujeres como Dorothy Vaughn, Mary Jackson, Esther Lederberg, Ida Tacke, Lise Meitner o Rosalind Franklin, que incluso graduada en 1941 en Física, Química y Matemáticas por la Universidad de Cambridge, no recibió el título de licenciada, por ser mujer, hasta varios años después. De hecho, su investigación posterior sobre la clarificación de la estructura de doble hélice del ADN fue igualmente denostada, pasando a la historia como descubridores James Watson y Francis Crick, hombres que, además, junto a Maurice Wilkins, recibirían el Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1962.

Mujeres en la ciencia, hoy

En la actualidad, la situación no es diferente. Y es que, desde hace varios años más del 60% de los títulos universitarios y al menos el 45% de los doctorados los obtienen mujeres. Sin embargo, cuando se asciende en la carrera científica la proporción de mujeres disminuye, tendencia común en los 28 países que forman la Unión Europea, según el [Informe Mujeres Investigadoras 2016](#), elaborado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). La situación no es diferente en Andalucía. El área de investigación con mayor porcentaje



Obra 'Científicas: pasado, presente y futuro'.

de investigadoras es el de Ciencias y Tecnologías de Alimentos, con un 53,37%, seguido del de Ciencias y Tecnologías Químicas (43,95%), y del de Ciencias Agrarias (41,44%). El área con menor proporción de investigadoras es, por el contrario, el de Ciencias y Tecnologías Físicas (20,62%).

A este respecto, Clara Grima, catedrática –CEU– del departamento de Matemática Aplicada I de la Universidad de Sevilla señala a 'iDescubre': "El porcentaje de mujeres con estudios universitarios ha crecido mucho en las últimas décadas, superando hoy día el 50 por ciento del total, pero la distribución por carreras es muy desigual, ya que, por ejemplo, la presencia en ciertas áreas, como Física e Ingeniería, es muy inferior a la de los hombres". Más de 100 años después de la incorporación de la mujer al ámbito universitario, las desigualdades, lamenta Grima, se perpetúan,

En la comunidad autónoma de Andalucía existen diferentes organismos y entidades donde se pone de relevancia la figura de la mujer en diferentes ámbitos de la ciencia.

ANDALUCÍA, UNA APUESTA POR LA IGUALDAD

En la comunidad autónoma de Andalucía existen diferentes organismos y entidades donde se pone de relevancia la figura de la mujer en diferentes ámbitos de la ciencia. De este modo, la Escuela Andaluza de Salud Pública –EASP– dispone, en su [página web](#), de una sección específica donde otorgan visibilidad, entre otros aspectos, a la producción científica de las mujeres que hoy día están ligadas a la EASP, además de otras iniciativas donde se resumen, por ejemplo, la trayectoria de las principales figuras científicas ligadas al área de la salud a lo largo de la historia o diversos recursos electrónicos donde informarse, en general, sobre la figura de la mujer en la ciencia.

Asimismo, la **Asociación de Mujeres Investigadoras & Tecnólogas**, cuyo objetivo es conseguir la igualdad en las Ciencias y la Tecnología, elaborando redes, reclamando datos, organizando debates y visibilizando a las científicas y los resultados de sus trabajos, tiene, desde hace más de cinco años, un nodo o sede en Andalucía que contaba, según el último censo, con un 16 por ciento del total de las asociadas a esta red de ámbito nacional.

> [Todo lo que necesitas saber sobre la iniciativa '11 de febrero', a un solo clic](#)

> [Informe 'Científicas en Cifras 2015'](#)

siendo especialmente llamativo el 'efecto tijera' que se produce en etapas posteriores: "Este desequilibrio se acentúa según se progresa en la carrera investigadora, de forma que la proporción de mujeres con puestos de responsabilidad –catedráticas de universidad, por ejemplo- o cargos de alto nivel –gestión o dirección- es menor que el de hombres".

Clara Grima: "Para crecer profesionalmente en la universidad, en la investigación, necesitas desarrollar un trabajo continuo de publicaciones o conferencias, y muchas mujeres tienen 'parones' debido a los embarazos y el posterior cuidado de los hijos".

La realidad es, según el Informe del CSIC, que, aunque entre el personal investigador contratado posdoctoral el porcentaje de mujeres es del 37%, al contemplar las cifras del personal pre-doctoral en formación el porcentaje de mujeres asciende al 56,69%. La situación es aún más desigual en lo que respecta a los Investigadores principales de proyectos de investigación nacionales, con un porcentaje de mujeres del 35,98%, en tanto que desciende al 34,67% en el caso de los internacionales.

Las argumentaciones de Grima, que se apoyan además en algunos de los datos más relevantes del informe

publicado el pasado 7 de febrero por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, '**Científicas en Cifras 2015**', ponen de manifiesto un escenario que, según afirma la investigadora, hoy día resulta inverosímil: "La situación, es cierto, ha mejorado, la derivada –que decimos, comúnmente, en Matemáticas- es positiva, es decir, existe una cierta tendencia de cambio, hacia mejor, pero ésta es aún demasiado pequeña".

De este modo, apunta Grima, una de las razones del mencionado 'efecto tijera' está relacionada con el actual sistema de evaluación de los currículos: "Para crecer profesionalmente en la universidad, en la investigación, necesitas desarrollar un trabajo continuo de publicaciones o conferencias, y muchas mujeres tienen 'parones' debido a los embarazos y el posterior cuidado de los hijos. Al final, son circunstancias que frenan". Esta opinión es igualmente compartida por la catedrática de Álgebra de la Universidad de Málaga, Mercedes Siles Molina, quien sostiene que parte de la solución, en este tipo de aspectos, recae en los poderes legislativos: "Hablamos de medidas que garanticen permisos igualitarios de maternidad y paternidad y otras que reconozcan, a la hora de promocionar, si las mujeres han tenido algún tipo de pausa como es la etapa reproductiva o la de cuidados".

Mayor presencia

"Hagamos una encuesta, preguntemos en la calle: ¿Cuántas mujeres científicas conoces? La respuestas, mayoritariamente, serán dos: Marie Curie o el silencio",

CONOCE A CLARA GRIMA

Clara Grima es doctora en Matemáticas y profesora titular del área de Matemática Aplicada I de la Universidad de Sevilla. Compagina su labor de docente e investigadora con la divulgación de Matemáticas en varios medios de comunicación y, recientemente, con el libro *Hasta el infinito y más allá* editado por Espasa. Igualmente, es conferenciante y divulgadora en colegios, institutos y universidades. También tiene un blog, 'Los tres chanchitos' donde publican diferentes audios divulgativos junto a sus compañeros Enrique Fernández Borja y Alberto Márquez.

[Toda la información de Clara Grima en su página web.](#)



Clara Grima.

manifiesta Clara Grima. La especialista trata de poner en conocimiento otra realidad cultural, la escasa presencia de mujeres científicas como figuras relevantes entre los jóvenes y también entre los mayores. "Existe un claro desconocimiento de las investigadoras en nuestra sociedad, y eso nos hace invisibles e incapaces de traspasar el segundo plano", declara Grima. Por su parte, Mercedes Siles Molina revela otro tipo de problemas relacionados, en este caso, con el lenguaje: "La forma en que utilizamos las palabras condiciona el modo de estructurar el pensamiento, influye a todos los niveles. En las convocatorias, véase, por ejemplo, un concurso de premios, muchas veces se emplea el término 'premiado', y esto perpetúa la desigualdad".

El aula, coinciden las expertas, es uno de los lugares más importantes a la hora de combatir la desigualdad de género en ciencia.

Precisamente, con el objetivo de visibilizar el trabajo de las investigadoras, favorecer la creación de roles femeninos en las diferentes áreas de la ciencia y promover prácticas que fomenten la igualdad de género en el ámbito científico, surge la iniciativa nacional '11 de febrero', que coincide, además, con el Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia. "Entre el seis y el diecinueve del mes pasado hemos llenado las agendas de colegios, institutos, universidades, bares o centros culturales con más de 250 actividades en 35 provincias para aumentar el conocimiento sobre las mujeres científicas de antes y también las de hoy, humanizando nuestra figura para mostrar al mundo que somos personas normales con un trabajo maravilloso", revela Grima.

En concreto, con el mismo objetivo de reconocer y divulgar el papel de la mujer en la investigación entre los más jóvenes, Clara Grima, ataviada de época junto a otras cuatro investigadoras andaluzas, Isabel Fernández, Mari Carmen Romero, Adela Muñoz y María José Jiménez, interpretan, en una obra de teatro - 'Científicas: pasado, presente y futuro'- que ya ha sido vista por más de 5000 estudiantes que acuden universidades y museos de ciencia de toda España, a cinco de las mujeres con mayor relevancia en la historia: Rosalind Franklin, Hipatia de Alejandría, Ada Lovelace, Marie Curie y Hedy Lamarr. "Con esta iniciativa, promovida por Francisco Vega, técnico de laboratorio de la Universidad de



Mercedes Siles.

CONOCE A MERCEDES SILES

Mercedes Siles es catedrática de Álgebra de la Universidad de Málaga. Ha publicado más de una cincuentena de trabajos de investigación y dirigido siete tesis doctorales. Desarrolla una intensa actividad científica centrada en el estudio de álgebras asociadas a grafos y, recientemente, ha comenzado a trabajar en álgebras de evolución. Es vicepresidenta primera de la Real Sociedad Matemática Española, y sus intereses se centran también en la cooperación a nivel de investigación -responsable científica transversal del CIMPA de 2011 a 2016-, en la equidad entre mujeres y hombres -primera vicepresidenta de AMIT-Andalucía-, y en la divulgación de las Matemáticas -exposiciones fotográficas 'El sabor de las Matemáticas' y 'Universos paralelos dialogando'; Jornadas cervantinas en 2016; PiDay Spain; colaboración con la Fundación Escultor Berrocal para las Artes; o conferenciante en el MoMath de Nueva York, entre otras-. Considera que la transversalidad del conocimiento es fundamental para una mejor comprensión del mundo y que las Matemáticas son parte esencial de la cultura.

[Toda la información de Mercedes Siles Molina en su página web.](#)



Microbióloga en el laboratorio.

Sevilla, queremos que la ciudadanía del futuro entienda la importancia de la ciencia, reconozca el papel de las mujeres y pueda tener, en definitiva, más conocimiento, ser más libre y menos manipulable”, expone Grima.

Vocaciones en el aula

El aula, coinciden las expertas, es uno de los lugares más importantes a la hora de combatir la desigualdad de género en ciencia. “Las alumnas de hoy son las investigadoras de mañana. Que elijan estudiar una carrera de Ingeniería o Física puede depender, en gran medida, de que hoy conozcan mujeres científicas y sus logros, de que tengan roles femeninos en los que poder verse reflejadas”, afirma Grima. Asimismo, Mercedes Siles Molina destaca la importancia de vencer determinadas realidades que ocurren en los centros y que generan, desde edades muy tempranas, diferencias en el acceso a determinadas ramas científicas. “Algo

está fallando en nuestra sociedad si las niñas crecen pensando que la Informática o las Matemáticas son carreras solo de chicos”.

Por su parte, Fernando Carmona, profesor en el Colegio Salesiano Santísimo Sacramento de Carmona, Sevilla, donde imparte las materias de Física, Química y Matemáticas, coincide en otorgar especial relevancia a la escuela, tanto en las etapas de Primaria como de Educación Secundaria Obligatoria. “El lenguaje de la enseñanza, la educación desde la igualdad y el fomento de modelos positivos deben ser el día a día del docente”. Finalmente, apostilla Carmona, desde su propia experiencia, la familia, además del profesorado, adquieren un rol igualmente importante en el desarrollo de las preferencias científicas dentro del aula: “El entorno es fundamental, los primeros en creer que las niñas y adolescentes pueden ser informáticas, químicas, matemáticas o físicas deben ser siempre sus propios familiares”.



Imagen de algunos de los conferenciantes y organizadores del encuentro Espacio 100Cia II.

CIENCIA PARA TODOS LOS PÚBLICOS LA DIVULGACIÓN EN BUSCA DE NUEVOS ESCENARIOS, HERRAMIENTAS Y PÚBLICOS

DIÁLOGOS

Carmen Guerra.

Profesora de Física y Química. Centro de Ciencia Principia (Málaga).

Miguel Carrasco.

Responsable de Proyectos Europeos y Comunicación Corporativa (Fundación Descubre).

Elena Lázaro.

Coordinadora técnica de la Unidad de Cultura Científica y de la Innovación de la Universidad de Córdoba.

Josechu Ferreras.

Director de la Feria de la Ciencia (Sevilla).

José María Montero.

Director de los programas "Espacio Protegido" y "Tierra y Mar" (Canal Sur Televisión).

¿Qué relación existe entre una piscina pública y un grupo de bailarines entregados a un tango? ¿Quién podría revelarnos el extraño vínculo que mantienen los organismos genéticamente modificados con un pub en donde corre la cerveza? ¿Cómo es posible que el teatro de títeres esté emparentado con el pollo a la parrilla? ¿Seguro que el Urban Sketcher se lleva bien con *Las cósmicas* de Italo Calvino?

Fuente: José María Montero.

Todos estos elementos, que parecen mezclados al azar en un ejercicio delirante o cómico, son, sin embargo, algunos de los recursos que se han ido incorporando al gran escaparate de la divulgación científica, empeñada en escapar de los pequeños círculos endogámicos para alcanzar hasta el último rincón de una sociedad a la que le interesa la Ciencia... aunque a veces no lo sepa.

Gracias a este esfuerzo colectivo, y sumando todos esos elementos y muchos más, se ha ido componiendo un extenso catálogo de buenas prácticas en divulgación, iniciativas con las que se han conseguido multiplicar los escenarios, las herramientas y los espectadores. Ya no hay excusa para rechazar un conocimiento científico que ha sido capaz de adaptarse a la curiosidad de todo tipo de públicos.

Miguel Carrasco: "Conseguimos salir de las instituciones y trabajar en la calle, con un escenario en donde es mucho más fácil sumar a familias y jóvenes, a un público diverso".

En la clausura de Espacio 100cia II (Sevilla, enero 2017) reunimos a cinco especialistas para que dialogaran a propósito de esta pequeña revolución que ha servido para que la Ciencia salga a la calle. Queríamos conocer algunas de esas buenas prácticas en divulgación, las que ya se desarrollan en suelo andaluz y aquellas otras que podemos encontrar en otros lugares de España o del mundo.

Ciencia de noche y de día

Aunque nació hace más de una década, **la Noche Europea de los Investigadores**, una iniciativa que impulsa la Comisión Europea dentro del programa Horizonte 2020, sigue siendo un buen ejemplo de cómo se puede popularizar el trabajo de los científicos y conseguir que los ciudadanos descubran el sentido último de esos proyectos que parecen indescifrables pero que, sin embargo, repercuten en nuestra vida cotidiana.

Andalucía, a través de la **Fundación Descubre**, se sumó a esta actividad en 2012, aunque, como reconoce Miguel Carrasco, "los comienzos fueron satisfactorios pero el impacto era insuficiente". Las actividades crecían, los investigadores implicados crecían, el



Un momento de las prácticas en plató celebradas en el marco de Espacio 100cia II.

público crecía, pero un modelo que se apoyaba en el esfuerzo individual de cada institución estaba seriamente limitado. En 2014 un golpe de timón, que supuso apostar por la creación de grupos de trabajo en cada ciudad implicada, permitió cambiar el rumbo de la actividad y escapar de las limitaciones que la encorsetaban. "Conseguimos salir de las instituciones y trabajar en la calle", explica Carrasco, "un escenario en donde es mucho más fácil sumar a familias y jóvenes, a un público diverso y no a los ciudadanos ya

predispuestos a acercarse a la Ciencia como ocurría cuando las actividades se localizaban en cada centro participante".

Se ahorraron costes, se sumaron las administraciones locales, aparecieron nuevos colaboradores, el reparto de trabajo se optimizó, se ganó en visibilidad y patrocinios, se potenció la igualdad de género hasta convertirla en un eje prioritario de todas las actividades y, así, con estos nuevos planteamientos, el impacto de la Noche Europea

de los Investigadores comenzó a crecer muy por encima de aquellas primeras expectativas.

Entre 2012 y 2016 el número de actividades pasó de 100 a 468, el público implicado se incrementó desde las 4.000 personas hasta las casi 70.000, los investigadores crecieron desde los 160 hasta los 1.876 y el porcentaje de científicas creció en más de diez puntos porcentuales (del 37% al 48,8%). En total, el pasado año las actividades se repartieron en más de una veintena de ubicaciones



La Noche Europea de los Investigadores.

en las ocho provincias andaluzas, desde plazas hasta jardines pasando por bares, librerías, paseos, auditorios, patios o museos.

Aunque ha crecido sobre todo a la luz del sol, la experiencia de la **Feria de la Ciencia de Sevilla**, que organizan la Sociedad Andaluza para la Divulgación de la Ciencia y la Fundación Descubre, tiene algunos puntos en común con la Noche Europea de los Investigadores. En este caso, detalla Josechu Ferreras, “también tuvimos que cambiar de modelo, en una transición que nos ha ocupado quince años pero que nos ha hecho más flexibles y menos vulnerables”.

En sus comienzos la Feria de la Ciencia se apoyaba en un reducido número de colaboradores, cada uno de los cuales aportaba una cantidad significativa de dinero, lo que se reveló como un modelo de riesgo que casi provocó el estrangulamiento de la Feria cuando llegaron los años más complicados de la crisis. La solución era sencilla: diversificar las fuentes de financiación. “Ahora tenemos muchos apoyos que aportan una pequeña cantidad de dinero cada uno”, celebra Ferreras, “y eso ha favorecido la cooperación, porque todos los participantes están implicados y tienen claro cuál es su papel, de manera que ahora el esfuerzo es de coordinación y no tanto de ejecución”.

Además de esa apuesta por la diversificación, la Feria, en su desarrollo, ha ido incorporando otras señas de identidad que han mejorado la efectividad de la divulgación. Por ejemplo, el interés se despierta con preguntas y no con discursos, la comunicación entre los especialistas y el público es directa, sin intermediarios, la dirección del mensaje cambia según las circunstancias de acuerdo a un discurso intergeneracional en el que un científico puede dirigirse un grupo de jóvenes, o los mismos jóvenes compartir sus experiencias o trasladarlas al público en general.

El juego se ha convertido en uno de los recursos más rentables, hasta el punto de que, como advierte Ferreras, “la Feria ha terminado por gamificarse”. Las herramientas lúdicas facilitan la divulgación, descongestionan, añaden atractivo a actividades poco frecuentadas, conducen a los participantes hacia las zonas de interés y facilitan las acciones cooperativas. Y da lo mismo si hablamos de un concurso más o menos sofisticado que obliga a recorrer la Feria (En busca del científico perdido) o de una simple foto en grupo que alcanza el ciberespacio con el correspondiente hashtag, el caso es divertirse.



Feria de la Ciencia de Sevilla.

Precisamente las redes sociales han permitido que la Feria se proyecte más allá de sus límites tangibles, aunque también se han añadido extensiones que la han llevado hasta las aulas de algunos hospitales públicos, disciplinas que permanecían ajenas a estas inquietudes (Urban Sketchers y otras modalidades artísticas) o colectivos que en su día tuvieron que retirarse del mundo laboral al uso pero que, aún fuera de ese circuito, siguen siendo tremendamente útiles y muy comprometidos (profesores jubilados).

En total, el pasado año las actividades se repartieron en más de una veintena de ubicaciones en las ocho provincias andaluzas, desde plazas hasta jardines pasando por bares, librerías, paseos, auditorios, patios o museos.

En su última edición la Feria de la Ciencia de Sevilla interesó a unos 25.000 visitantes en solo tres días. Este año es muy posible que la cifra siga creciendo porque lo que no deja de crecer es la oferta de actividades: entre el 11 y el 13 de mayo más de 4.500 personas ofrecerán sus experiencias en 120 stands.

Cuando el conocimiento es espectáculo

Quizá una de las chispas que desataron esta fiebre por la divulgación fue la que, a contracorriente de los guardianes



Festival de la Curiosidad.

de la ortodoxia, la seriedad o el pudor, consiguió trasladar la Ciencia, sin que dejara de ser Ciencia, al terreno del espectáculo, convirtiéndola así en un entretenimiento que sirviera para pasar un buen rato a cualquier ciudadano.

Los ejemplos de esta metamorfosis son múltiples. Miguel Carrasco compartió su debilidad por el **Festival de la Curiosidad** que durante tres días reúne a más de 40.000 personas en diferentes escenarios del centro de Dublín. “El enfoque”, explica, “es muy innovador, porque hay oferta para todas las edades, de día y de noche, mezclando arte, ciencia, tecnología y diseño, de manera que el festival ha conseguido convertirse en

una cita imprescindible”. Otros ejemplos que también se compartieron en este diálogo fueron el **Science Slam**, nacido en Alemania y en el que jóvenes científicos explican sus proyectos de investigación en breves charlas de diez minutos que se celebran en centros culturales, teatros o cafeterías en donde, finalmente, las charlas se someten al veredicto de los asistentes que votan después de haber debatido en grupo. La fórmula permite alguna otra vuelta de tuerca, y si no que se lo pregunten a los concursantes del **Researchers' Grand Prix**, un concurso sueco en donde los investigadores disponen de sólo cuatro minutos para exponer sus trabajos, aunque reciben un entrenamiento intensivo

‘Escépticos en el pub’ es una iniciativa que puso en marcha la Asociación para el Avance del Pensamiento Crítico y que ha convertido el centro de Dublín, en lugares donde conversar de forma distendida y directa sobre ciencia.

para mejorar sus habilidades y así poder alcanzar la final que coincide con la entrega de los premios Nobel y se retransmite por televisión como si se tratara de un popular concurso de cocina o música.

“Lo importante”, señala Carrasco, “es el envoltorio, lo que más me llama la atención de algunas de estas experiencias es que han conseguido vender la ciencia como un producto tan popular que merece ser

televisado, sin que baje la calidad ni el rigor, pero con el envoltorio de los mejores espectáculos de televisión”.

El atractivo de lo inesperado

Sin abandonar una cierta dosis de espectacularidad, Elena Lázaro se inclinó por aquellas actividades que añaden el atractivo de lo inesperado y llevan la Ciencia a escenarios insólitos. ¿Quién espera encontrarse a un especialista en genética dando



Cómete el Museo

una charla en un pub? **Escépticos en el pub** es una iniciativa que puso en marcha la **Asociación para el Avance del Pensamiento Crítico** y que ha convertido estos recintos, que parecían reservados al consumo de cerveza y las retransmisiones deportivas, en lugares, explica Lázaro, “en donde también se puede hablar de Ciencia, de manera directa, sin censura de ningún tipo, de forma independiente, lo cual es muy valioso, por ejemplo, para temas de actualidad sobre los que exista una cierta polémica”.

El fondo de una piscina pública tampoco parece el lugar más adecuado para la divulgación pero ese es justamente el escenario elegido por la empresa aragonesa Uluburun para ubicar una actividad cuyo nombre lo explica todo: **Un naufragio en tu piscina**. Algunos de los yacimientos submarinos más importantes del mundo pueden replicarse y hundirse en una piscina, creando así espacios didácticos tan innovadores como divertidos. De manera menos sofisticada esta es la misma fórmula que se empleó para desarrollar el **arqueódromo de la Universidad de Córdoba**, recuerda Lázaro, “donde los niños pueden participar en un yacimiento simulado y en su correspondiente excavación”. En este caso la simplicidad, frente al elevado coste y difícil gestión de una actividad que se realiza en el fondo de una piscina,

aporta un elemento decisivo en cualquier buena práctica: “su sostenibilidad, el esfuerzo por ajustarla a los recursos disponibles para que no sólo sea útil sino que, además, podamos mantenerla en el tiempo”.

La sostenibilidad es, además, una obligación en el caso de las empresas privadas que también se suman a la oferta de divulgación científica. Si una empresa como **Explora Proyectos** diseña **Cómete el museo** es porque está convencida de que será una fórmula lo suficientemente atractiva como para que un grupo de adultos esté dispuesto a cambiar, una noche cualquiera, la barra de un bar por las salas del **Museo de Ciencias Naturales de Madrid**. Al final se trata de pagar algo más por tomarse unas cañas y unos pinchos temáticos hablando de Ciencia. Al fin y al cabo, como explican sus organizadores, no es difícil provocar el interés por los dinosaurios preguntando qué sabor tendrían esos animales, para terminar revelando que el pollo es un descendiente de aquellas míticas criaturas y que ese es el ingrediente, a la parrilla, de las tapas que se van a servir.

La cocina y la ciencia se entienden bien y por eso no parece complicado tejer un discurso lúdico en el que ambos mundos se combinen para captar la atención del público, pero ¿cómo se transmite un mensaje científico si

Explora Proyectos es la empresa encargada de diseñar Cómete el museo, una actividad dirigida a que un grupo de adultos esté dispuesto a cambiar, una noche cualquiera, la barra de un bar por las salas del Museo de Ciencias Naturales de Madrid.



Un naufragio en tu piscina.

lo tratamos de popularizar con un baile? ¿Quién puede aprender algo de bioquímica a través de un tango? **Baila tu tesis** es, quizá, la propuesta más arriesgada en este capítulo de la divulgación insólita en el que la Ciencia busca entenderse con todo tipo de disciplinas artísticas, algo que, como explica Miguel Carrasco, “garantiza, eso sí, llegar a públicos muy alejados de la actividad científica”. Desde hace diez años, y de la mano de la revista **Science**, investigadores de todo el mundo ilustran su tesis doctoral mediante un baile que debe ser útil para comprender su trabajo, baile en el que ellos mismos están obligados a participar y que se graba y comparte en video. En este caso hay que verlo para creerlo porque, aunque resulte inimaginable, el tango, el ballet clásico o el breakdance pueden convertirse en extraordinarias (nunca mejor dicho) herramientas de divulgación. Y como prueba el último ganador del certamen: un **bioingeniero británico** que baila para explicar su tesis sobre la creación de válvulas cardíacas artificiales.

El valor de los clásicos

La apuesta por la espectacularidad o el atractivo de lo insólito no invalidan otras propuestas, menos vanguardistas que, sin embargo, permiten, como ocurre con todos estos ejemplos, hacer divulgación de calidad

que llegue a los ciudadanos y cumpla con el objetivo de hacer comprensible la actividad científica.

Un teatro de títeres o el uso de literatura científica son recursos más o menos convencionales pero que utilizados con buen criterio también suman en este catálogo de buenas prácticas. Las marionetas de Severo Ochoa, Newton, Marie Curie, Einstein y Rosalind Franklin, desarrolladas por la Universidad de Oviedo, se pasean por todo tipo de centros educativos, a los que se ceden de manera gratuita y en donde fomentan las vocaciones científicas, explican la historia de la Ciencia o se ajustan a cualquier guión que los propios alumnos y profesores hayan desarrollado. **Ciencia con cabeza**, concluye Elena Lázaro, “es un recurso de muy bajo coste y que se apoya en un elemento que siempre nos permite acercarnos a los niños”.

Lecturas con Ciencia nació en el Centro Principia de Málaga, como nos explica Carmen Guerra, y aunque fue una actividad diseñada para desarrollarse en bibliotecas públicas con talleres de lectura para niños (de 8 a 12 años) pronto se convirtió en un recurso igualmente atractivo para el club de lectura donde se reunían los adultos. Aunque cambian los autores en función de la edad (de Julio Verne a Oliver Sacks, o



Researchers' Grand Prix.

de Saint-Exupéry a Italo Calvino) la dinámica, detalla Guerra, es similar en ambos casos: "se presenta al autor y su contexto, se explica su relación con la Ciencia, se lee un fragmento de su obra y, finalmente, se realizan demostraciones y experimentos asociados a esa lectura". De esta

manera, "nos acercamos a un público que no se siente cómodo en los espacios dedicados a la Ciencia y les mostramos como la Ciencia permea la Cultura".

La cooperación entre colectivos que compartiendo el mismo escenario

jamás se habían relacionado es una situación bastante clásica pero no por ello dejamos de celebrar los frutos de estos encuentros en términos de divulgación. **Tortuga a bordo**, una idea de la **Estación Biológica de Doñana (CSIC)**, ha permitido establecer un protocolo de identificación y asistencia a tortugas marinas que quedan atrapadas en redes de pesca, una herramienta que han hecho suya las cofradías de pescadores y que, con el añadido de aplicaciones móviles y la difusión de las redes sociales, está permitiendo conocer mejor a estos animales y favorecer así su conservación. "Han conseguido", precisa Lázaro, "implicar a los pescadores en la protección de estos animales, y son ellos mismos los que están generando y compartiendo material divulgativo que está disponible para cualquier ciudadano".



Lecturas con Ciencia.

La Ventana a la Ciencia del **Parque de las Ciencias de Granada** es otra manera de conseguir que los ciudadanos se asomen a la actualidad científica andaluza combinando el trabajo de los propios investigadores y de los especialistas en divulgación. En este caso, como destaca Carmen Guerra, se utilizan todo tipo de herramientas para conseguir esa difusión: encuentros con científicos, charlas, ciclos de cine... Y sobre todo se cuenta con el músculo y la experiencia que el Parque de las Ciencias aporta a cualquier actividad "que busque trasladar al conjunto de la sociedad los proyectos de I+D+i más atractivos de nuestra región".

Ampliando el territorio es el mismo objetivo que persigue el **Ecsite Space Group**, el grupo de trabajo que, a escala europea, busca la divulgación de todos aquellos contenidos relacionada con la investigación espacial. Aquí los que se reúnen son científicos, divulgadores y también los especialistas de las empresas del sector, de manera que entre todos tejen redes de divulgación muy potentes que han servido, por ejemplo, y como detalla Guerra, "para explicar con todo lujo de detalles la misión Rosetta, desarrollando elementos expositivos, materiales didácticos, talleres y otras actividades que se han paseado por diferentes escenarios del continente".

LA TRASTIENDA DE LA TELEVISIÓN

El convenio de colaboración que acaban de suscribir la **Radio Televisión de Andalucía (RTVA)** y la **Fundación Descubre** viene a formalizar la intensa relación que ya mantenían ambas instituciones. La presencia de información científica en la oferta de la televisión pública andaluza es más que notable, no sólo en programas especializados como *El Radioscopio* (Canal Sur Radio), *Conciencia* (Andalucía Televisión) o *Espacio Protegido* (Andalucía Televisión), sino también en los informativos diarios regionales y provinciales, como revelan los análisis de contenidos que sobre el conjunto de medios de comunicación realiza la **Fundación Descubre**.

Pero más allá de la difusión que la RTVA presta a este tipo de contenidos de servicio público también se han puesto en marcha otras iniciativas que pueden incluirse en el catálogo de buenas prácticas en divulgación y que no son muy frecuentes en el ámbito de los medios generalistas.

Dentro del mismo **Espacio 100cia** que dio lugar a este Diálogo se celebró una jornada formativa en las instalaciones de **Canal Sur Televisión**, en la que destacó la simulación de entrevistas en plató por las que pasaron algunos de los investigadores. Sometidos al mismo proceso que se cumpliría si se tratara de una cita real, los entrevistados reciben algunas recomendaciones en cuanto a su vestimenta y lenguaje corporal, son maquillados, pasan al plató y en las mismas condiciones de un programa en directo se someten a diferentes entrevistas que simulan situaciones comunes y otras que no lo son tanto (desde el entrevistador que es un especialista en la materia hasta el que se escuda en la

impertinencia). Las entrevistas se graban, se analizan por los profesionales que han participado en la simulación y se comentan con los alumnos para mejorar su capacitación.

Por este tipo de prácticas, que ya se han celebrado en Sevilla y Málaga, ha pasado cerca de un centenar de investigadores, comunicadores y alumnos de carreras científicas, convirtiéndose en un recurso muy útil para potenciar la divulgación de calidad en un medio muy potente cuya *trastienda* suele ser una gran desconocida para esta comunidad.

La formación, como es lógico, también se dirige a los profesionales de la RTVA que en su Programa de Formación Interna cuentan con un Curso de Periodismo Científico, Ambiental y Médico que abarca el máximo de horas lectivas posible (25) y en el que colabora la **Fundación Descubre** aportando contenidos, material didáctico y ponentes. En la última edición se formaron 25 alumnos tanto de radio como de televisión, lo que, a juicio de José María Montero, "supone incorporar la Ciencia, con absoluta normalidad, a la oferta de contenidos informativos, compitiendo en igualdad de condiciones con otras áreas temáticas". No sólo se trata de conocer las claves de algunos temas científicos que con frecuencia destacan en la agenda de la actualidad sino, además, "identificar cuáles son las fuentes informativas, rigurosas, fiables y accesibles, que sobre todas esas materias existen en Andalucía y ponerlas a disposición de los informadores". En definitiva, "tejer una red de confianza entre comunicadores y científicos".

ELÍAS FERERES CASTIEL

UN REVOLUCIONARIO

CON TRAJE DE

INGENIERO

Llegó a Estados Unidos cuando la Revolución Verde de los sesenta ya había convertido a otro ingeniero agrónomo, Norman Borlaug, en un mito. Elías Fereres (Larache, Marruecos, 1946) se doctoró en Ecología en la Universidad de California cuando la ingeniería agronómica estaba llamada a convertirse en el arma final contra el hambre.

Fuente: Elena Lázaro | Asesoría científica: Elías Fereres Castiel.

Llegó a Estados Unidos cuando la Revolución Verde de los sesenta ya había convertido a otro ingeniero agrónomo, Norman Borlaug, en un mito. Elías Fereres (Larache, Marruecos, 1946) se doctoró en Ecología en la Universidad de California cuando la ingeniería agronómica estaba llamada a convertirse en el arma final contra el hambre. Cuatro décadas después, este catedrático de Producción Vegetal,

profesor de la [Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes de la Universidad de Córdoba](#) e investigador del [Instituto de Agricultura Sostenible del CSIC](#), vuelve a estar en la primera línea de la lucha contra la desigualdad, si es que alguna vez la abandonó. Su ejército, una pléyade de ingenieros de medio mundo a los que dirige desde el 1 de enero de 2017 cuando la [Real Academia de Ingeniería española](#), a cuya

presidencia regresó en 2011 después de su primer mandato fundacional en los años noventa, ha asumido la presidencia del Consejo Mundial de Academias de Ingeniería y Tecnología. A pesar de la relevancia que parece tener la tarea, Fereres mantiene la calma y enumera los retos a los que se enfrenta la Academia con un sosiego más propio de una faena cotidiana que de una labor supervisada en parte por la ONU.

El tema elegido por la Real Academia Española de Ingeniería para la conferencia anual de 2017 ha sido la bioeconomía, aunque también se abordarán dos asuntos que el profesor menciona como internos, pero que bien podría calificar como universales: la diversidad de la ingeniería, aún escasa por la falta de mujeres y de representantes de todo el planeta, y la ética profesional. Por delante le quedan doce meses de trabajo junto a la



Elías Fereres.

vanguardia internacional de la ingeniería, representada por las academias británica, china y americana, entre otras, durante los que se pondrán bajo la lupa los últimos avances en seguridad alimentaria y en lo que ya se conoce como 'blue economy', la explotación sostenible de los océanos como fuente de energía y materias primas para sectores como el farmacéutico.

El equipo dirigido por Elías Fereres pretende encontrar soluciones que ayuden a los agricultores a obtener cosechas óptimas utilizando la menor cantidad de agua, abonos o productos fitosanitarios.

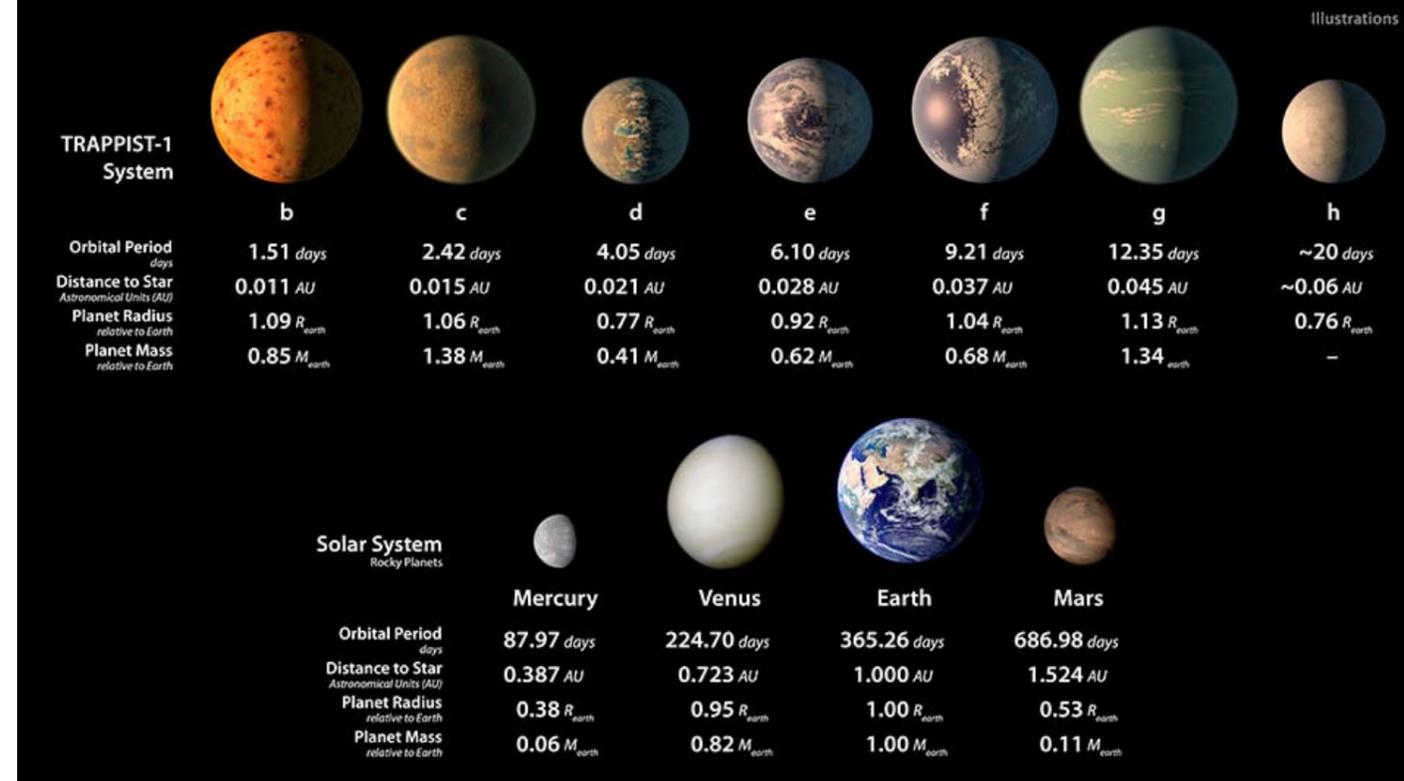
No obstante, es en la primera en la que más se detiene Fereres. Él mejor que nadie es capaz de presentar un diagnóstico bastante certero de la aportación que la ingeniería puede hacer a ese tipo de seguridad, que comienza por la soberanía alimentaria. Al fin y al cabo le ha dedicado casi cuatro décadas de estudio. Denostados los principios de aquella Revolución Verde que logró frenar el hambre, pero que no reparó en criterios que tuvieran que ver con la biodiversidad o la conservación de los suelos, la investigación agronómica lleva años empeñada en proporcionar herramientas que garanticen el desarrollo de los cultivos bajo los principios de la sostenibilidad y la gestión adecuada de los recursos. El equipo de investigación que Elías Fereres dirige y en el que se unen investigadores del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y la Universidad de Córdoba mantiene desde hace tiempo una línea de trabajo que pretende encontrar soluciones que ayuden a los agricultores a obtener cosechas óptimas utilizando la menor cantidad de agua, abonos o productos fitosanitarios. El secreto de esa fórmula mágica está en los sistemas de predicción de cosechas basados en la combinación de diferentes indicadores: tipo de suelo, temperatura, área geográfica, tipo de cultivo, climatología. Unos modelos que la FAO ha unido en el programa informático Aquacrop desarrollado por el equipo de Fereres en colaboración con investigadores belgas y americanos, y transferido a técnicos de países en vías de desarrollo. Y es que, a pesar de lo atractivo que el trabajo de estos ingenieros pudiera resultar para la gran industria agroalimentaria, sus proyectos tienen una reveladora vocación revolucionaria.

Como Borlaug en los años sesenta, Fereres es de los convencidos de que la ciencia y la tecnología deben ser puestas al servicio del progreso de la Humanidad y no de los intereses económicos de unos pocos. En su caso, su discurso queda refrendado por una trayectoria investigadora en la que los proyectos internacionales tienen como compañeros de viaje no pocos países de ese otro mundo invisible que es África. Y es que para ese profesor sólo la capacitación técnica del mundo en desarrollo conseguirá romper la brecha tecnológica que mantiene a los agricultores africanos en la más absoluta miseria. Ese compromiso permanente le hace ser optimista. Fereres cree que no hay marcha atrás y que la paz de la que ya ha conseguido disfrutar la mitad del continente será el mejor caldo de cultivo para su desarrollo, un avance que comenzará cuando África ostente una auténtica soberanía alimentaria.

Ese optimismo de Fereres no lo convierte en un utópico, ni un soñador. Se limita a hacer su trabajo bien pegado a la realidad. Como buen ingeniero, Fereres parece un hombre práctico. Sabe que la Humanidad camina lenta pero por el buen camino. Asegura que echar la vista atrás siempre devuelve una imagen peor que el horizonte que se adivina mientras avanza. Ni siquiera le preocupan anécdotas como el *Brexit*, que considera un error de personas desinformadas que no frenará a los jóvenes europeístas que han crecido en un mundo sin fronteras. Lo único irreal, a juicio del profesor, es el capital financiero. Ese 'fantasma' que recorre el planeta es el verdadero peligro para la Humanidad porque es cortoplacista y oscuro, y porque, a diferencia del viejo capitalismo industrial, no produce nada, no es real.

La capacitación técnica del mundo en desarrollo conseguirá romper la brecha tecnológica que mantiene a los agricultores africanos en la más absoluta miseria.

Una conversación con Elías Fereres es uno de esos lujos que conviene concederse de vez en cuando. En sus palabras nunca hay preocupaciones cotidianas ni problemas diminutos, sino asuntos universales y mucho pensamiento. Por eso resulta complicado ponerles fin y siempre conviene buscar una excusa para cerrar la charla con un punto y seguido, desde la certeza de que los problemas seguirán llegando y este ingeniero con vocación de humanista seguirá buscándoles solución. |



LOS TRAPENSES, A 40 AÑOS LUZ

En mayo de 2016 un equipo de astrónomos belgas, con algunos colaboradores internacionales y liderados por un investigador de la Universidad de Lieja, publicó en la revista Nature un artículo sobre el descubrimiento de tres planetas que orbitaban alrededor de una débil estrella de la constelación de Acuario, cuyo nombre oficial es la número J23062928-0502285 del catálogo 2MASS, que desde la publicación de ese artículo se conoce como TRAPPIST-1. Las primeras observaciones se realizaron en el otoño de 2015 con un pequeño telescopio robótico de 60 cm de diámetro, que alberga una cámara CCD optimizada para la búsqueda de cometas y exoplanetas. El telescopio se encuentra en el Observatorio de La Silla (Chile) que forma parte del conjunto de instalaciones telescópicas que el Observatorio Europeo Austral (ESO por sus siglas en inglés) tiene instalado en el país andino.

Fuente: Emilio J. Alfaro, Instituto de Astrofísica de Andalucía-CSIC y director de la Estrategia Andaluza de Divulgación de la Astronomía (EADA).

El proyecto TRAPPIST, que da también nombre a los telescopios y a la estrella que lo ha hecho famoso, consta de dos colectores robotizados, controlables a distancia y de forma automática. El gemelo norteño está situado en Marruecos. El coste de estos telescopios y de la instrumentación astronómica que los acompaña es bajo, tanto la cámara como los filtros que se han utilizado en estas observaciones están al alcance de muchos grupos de investigación e incluso de asociaciones astronómicas amateurs y de algún que otro particular. La empresa que fabrica el filtro *Exo-Planet*, con el que se ha realizado la mayor parte de las observaciones de TRAPPIST-1, lo anuncia como específicamente diseñado para «medir curvas de luz de exoplanetas con telescopios amateurs». TRAPPIST es un proyecto conjunto de la Universidad de Lieja y el Observatorio de Ginebra, financiado por el gobierno belga y la UE, que tiene como objetivo monitorizar las posibles variaciones temporales de la luz, en estrellas de baja masa, debidas a tránsitos planetarios. TRAPPIST es el acrónimo de *TRAnsiting Planets and Planetesimals Small Telescope (Telescopio Pequeño para Planetas y Planetesimales en Tránsito)*, y la palabra inglesa *trappist* significa *trapense*, una orden monástica cisterciense que sigue (o seguía) estrictamente las reglas de San Benito, entre las que figuraba el consumo de agua como única ingesta líquida. Hoy en día las abadías trapenses son muy famosas por la fabricación artesanal de cerveza con el marchamo *Authentic Trappist Product (ATP; Producto Trapense Auténtico)*. No son públicos los motivos por los que el equipo de astrónomos de la Universidad de Lieja eligió para su proyecto tan monacal acrónimo, igual fue un encuentro casual, cabe apuntar que una de las seis abadías trapenses de Bélgica que producen cerveza, bajo las estrictas normas de la orden, está en la provincia de Lieja.

'TRAPPIST' es un proyecto conjunto de la Universidad de Lieja y el Observatorio de Ginebra, que tiene como objetivo monitorizar las posibles variaciones temporales de la luz, en estrellas de baja masa, debidas a tránsitos planetarios.

Los primeros datos obtenidos por TRAPPIST-S mostraban variaciones en la luz de la estrella compatibles con el tránsito de tres planetas, posiblemente cuatro, que eclipsaban la emisión estelar en un 1% cuando cruzaban entre el observador y el disco estelar, pero conviene recordar que la variación de la luz emitida



Emilio J. Alfaro.

por una estrella puede deberse a múltiples causas. A la vista de los primeros resultados obtenidos con el telescopio de 60 cm se pidió la colaboración de otros telescopios de mayor diámetro, que pudieran confirmar esta variabilidad y descartar cualquier otra posible causa que no fuera la de los tránsitos planetarios.

Tres telescopios situados respectivamente en el Himalaya indio, Hawái y Chile, que trabajan en los rangos visible (Himalaya) e infrarrojo cercano¹ (Hawái y Chile) confirmaron las primeras observaciones de TRAPPIST-S y determinaron las principales características de la estrella huésped y de su sistema planetario².

1. El uso del rango infrarrojo en la observación de los tránsitos planetarios viene aconsejado por el menor contraste entre el brillo estelar y el brillo planetario en estas longitudes de onda.
2. Puede extrañar la participación de observatorios situados en ambos hemisferios en la campaña de observación de este objeto, pero TRAPPIST-1 está situada muy cerca del ecuador y puede observarse desde las latitudes medias de los dos hemisferios.

La estrella es una enana roja³ situada a unos 40 años luz de nosotros, con una masa inferior al 10% de la del Sol y un radio 0.1 solar, lo que indica una densidad media casi dos órdenes de magnitud superior a la del Sol (~70 g/cm³). Los datos orbitales de los planetas nos dicen que su plano de rotación alrededor de la estrella está alineado con la recta imaginaria que une el Sol con TRAPPIST-1, es decir que el eje de rotación es perpendicular a la línea que une ambas estrellas y que los radios de los planetas son muy similares al radio terrestre. Las distancias a su estrella varían en torno a un décimo de la distancia que separa la Tierra del Sol, casi tres veces más cerca que Mercurio lo está de nuestra estrella. Los dos planetas más cercanos a TRAPPIST-1 muestran una rotación sincronizada, con un período de rotación igual al

3. Las estrellas reciben el nombre de supergigantes, gigantes y enanas de acuerdo a su radio. El color viene definido por la temperatura, las estrellas con una temperatura superficial por encima de los 10 000 Kelvin (K) se denominan azules, mientras que las que están por debajo de, digamos, 3 000 K se conocen como rojas.

orbital, lo que conlleva que siempre muestren la misma cara a la estrella, como sucede con la Luna y la Tierra.

El interés del descubrimiento era incuestionable, se habían encontrado tres planetas del tamaño de la Tierra en una estrella fría de baja masa, las estrellas más abundantes de la Vía Láctea. El método de detección de planetas por tránsito es muy azaroso, y la probabilidad de que las órbitas planetarias crucen la superficie estelar en las condiciones necesarias para que el tránsito sea visible desde la Tierra es baja. Si el primer resultado de TRAPPIST es una estrella con al menos tres tierras, no es difícil pensar que: o ha habido mucha suerte o la proporción de enanas rojas con sistemas planetarios ricos en planetas de tamaño terrestre es más abundante de lo que se podría suponer.

TRAPPIST-1 necesitaba un estudio más detallado para poder discernir si los tránsitos observados correspondían a tres planetas o cuatro, ya que el tercero, TRAPPIST-



Ver vídeo



Ver vídeo

1d⁴, admitía varias soluciones para su período orbital, e incluso la posible existencia de un cuarto objeto. La determinación de los períodos presentes en la variación temporal de la luz emitida por una estrella se ve condicionada por las ventanas de observación. Si se observa desde tierra, la secuencia día-noche introduce un sesgo en el análisis de la curva de luz que limita el rango de soluciones posibles. Lo ideal es observar la estrella de forma continuada las veinticuatro horas del día; condición que se puede cumplir con campañas internacionales 4. Los exoplanetas se designan con el nombre de la estrella y las letras del abecedario, comenzando por la b, por orden cronológico de descubrimiento. 51Pegb es el primer planeta que se descubrió en la estrella 51Peg y el primer exoplaneta detectado. TRAPPIST-1d sería el tercer planeta encontrado en TRAPPIST-1.

de observación que involucren a varios observatorios distribuidos por la superficie terrestre, de tal forma que la estrella siempre sea visible desde al menos uno de ellos. Eso, o seguirla desde un telescopio espacial.

La NASA mantiene en órbita heliocéntrica un telescopio de 85 cm de diámetro, que trabaja en el rango de longitudes de onda infrarrojas. Se lanzó en 2003 y aún continúa operativo. La sensibilidad, rango espectral, calidad de imagen y cobertura temporal ofrecida por el Telescopio Espacial Spitzer (SST por sus siglas en inglés) lo convertían en el instrumento ideal para determinar con precisión el período orbital del tercer planeta o revelar la existencia de un cuarto cuerpo. A la vez que el SST observaba TRAPPIST-1 desde el espacio, 6

telescopios terrestres lo seguían cada noche. Spitzer finalizó la campaña de observación el 20 de septiembre de 2016 tras veinte días de seguimiento casi continuo de la estrella. El análisis conjunto de los datos provenientes de los telescopios terrestres y del SST mostró no solo que había un cuarto planeta, sino que estábamos ante un sistema planetario formado por siete tierras, tres de las cuales parecen estar situadas en la denominada zona de habitabilidad de la estrella, donde la temperatura superficial de los planetas permite que el disolvente orgánico por excelencia se encuentre en fase líquida.

La NASA mantiene en órbita heliocéntrica un telescopio para determinar con precisión el período orbital del tercer planeta o revelar la existencia de un cuarto cuerpo.

Del análisis de los tránsitos planetarios se puede deducir tanto el radio orbital —distancia a la estrella— como el radio del planeta, pero, para poder determinar si estos objetos son de naturaleza rocosa o gaseosa, tenemos que acudir a su densidad media, y para ello se necesita conocer también su masa. Sin medidas de las variaciones de la velocidad de la estrella debidas a la interacción gravitatoria con el resto del sistema planetario, la determinación de las masas es muy incierta cuando no imposible. El equipo utilizó los algoritmos que predicen el movimiento de un número dado de objetos, debido solamente a su interacción gravitatoria, para encontrar qué masas planetarias son las más probables para obtener la configuración orbital actual. La solución es probabilística y se asienta en algunas hipótesis razonables pero no necesariamente ciertas. Los resultados obtenidos parecen indicar que los radios y masas de los planetas son compatibles con la existencia de una superficie rocosa, pero la incertidumbre en la determinación de estos parámetros deja las conclusiones en el aire a la espera de que CARMENES, el buscador de planetas de Calar Alto, proporcione las medidas de velocidad necesarias para la determinación precisa de las masas de este sistema planetario.

¿Tan importante es este descubrimiento? Hay varios detalles que lo significan: a) Es un sistema planetario compacto y ordenado que parece contener siete planetas rocosos de tamaño terrestre, único por ahora; b) está situado a una distancia y en una localización que permiten su estudio desde un gran número de

telescopios terrestres en ambos hemisferios, con una gran variedad de instrumentos, aparte de los telescopios espaciales; y c) la configuración geométrica del sistema planetario, alineada con la línea de visión que une el Sol con TRAPPIST-1, permitirá el estudio espectroscópico de las posibles atmósferas de estos planetas y la composición química de aquellas que estén presentes.

El 20 de febrero pasado la NASA convocó, a bombo y platillo, una rueda de prensa para dos días después donde se comunicaría un resultado de gran importancia en el estudio de los exoplanetas. En la presentación de los resultados participarían cinco personas, cuatro científicos con filiación estadounidense y un belga, que responderían a las preguntas que se les hicieran en directo y a través de otros sistemas telemáticos que incluían algunas redes sociales. El mismo día de la rueda de prensa apareció en Nature el artículo, firmado por 30 autores, que reportaba el descubrimiento de este particular sistema planetario. De los cinco miembros de la mesa solo dos firman el artículo: Michaël Gillon, belga, el líder de la investigación y primer autor del trabajo y Sean Carey, el director del Centro Científico del SST en Caltech, que ocupa el lugar decimotercero en la lista de coautores.

Se trata de un hallazgo del equipo internacional dirigido por la Universidad de Lieja, con ayuda de un telescopio de la NASA.

Emmanuël Jehin, miembro del equipo de la Universidad de Lieja, manifestó en una reciente entrevista⁵: «A veces los periódicos titulan “Descubrimiento de la NASA”. No es un descubrimiento de la NASA. Es un hallazgo de nuestro equipo internacional dirigido por la Universidad de Lieja, con ayuda de un telescopio de la NASA.».

Pues eso, no nos equivoquemos, esto no es una Budweiser, estamos ante un Producto Trapense Auténtico. |

5. *elpais.com* 25 de febrero de 2017, sección Ciencia.

DE LAS ESTRELLAS A LAS PLANTAS, UN VIAJE POR LA CIENCIA MÁS ACCESIBLE

El acceso al conocimiento no tiene por qué tener barreras. Así lo entiende un grupo de científicos y científicas que se han propuesto colocar la belleza del universo y la riqueza del mundo vegetal al alcance de todos. Dos iniciativas pioneras, puestas en marcha en Granada, acercan la ciencia a personas con discapacidad sensorial. Se trata de los proyectos *Astronomía Accesible*, promovido por el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) y *Agronomía Accesible*, más reciente, organizado por la Estación Experimental del Zaidín (EEZ-CSIC). Ambos talleres están teniendo una gran aceptación por parte de los participantes, principalmente personas invidentes, sordas y sordo ciegas.

Fuente: Luz Rodríguez | **Asesoría científica:** Enrique Pérez Montero, Matilde Barón, Ana Belén Robles y María Eugenia Ramos.



Participantes en el taller de Agronomía Accesible que organiza la EEZ-CSIC.

Empieza el taller. Una voz femenina inicia la explicación. Es la guía que llevará a los asistentes a realizar un viaje muy especial a través de galaxias, estrellas y constelaciones, incluso por las montañas y valles de la Luna. Se habla de astronomía pero, en esta ocasión, no se observa el cielo para

ver las estrellas, ni son protagonistas las bellas imágenes cargadas de colores y destellos de galaxias y nebulosas. En este taller se accede al universo a través de otros sentidos, tocando, escuchando... Los participantes son personas con discapacidad visual. Esta actividad forma parte del proyecto *Astronomía Accesible*, una experiencia pionera puesta en marcha por Enrique Pérez Montero, científico titular del CSIC en el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC).

Junto con la Unidad de Divulgación y Comunicación del IAA-CSIC (UCC-IAA) y Amelia Gil Ortiz, astrónoma y divulgadora del Observatorio Astronómico de Valencia, Pérez Montero encabeza esta iniciativa para acercar la astronomía a las personas invidentes o con visión reducida. Es discapacitado visual y afiliado a la ONCE por una enfermedad degenerativa congénita de la retina. Desde hace varios años compagina su faceta de investigador con la participación en diversos programas



El Real Jardín Botánico de Córdoba organiza desde hace cinco años actividades relacionadas con la jardinería para personas con discapacidad funcional, intelectual, autismo y parálisis cerebral, entre otras.

de difusión de la astronomía para personas invidentes. “El taller de *Astronomía Accesible* empezó como una idea personal. Tenía la necesidad de comunicar que, a pesar de mi condición de discapacitado visual, podía seguir mi camino profesional en el mundo de la astronomía”, explica Pérez Montero y añade: “Como padezco una enfermedad degenerativa que hace que pueda ir adaptándome poco a poco, he podido ir contactando con compañeros discapacitados audiovisuales para diseñar una actividad de divulgación de la astronomía”.

Los principios, hace tres años, fueron modestos y a nivel local. Posteriormente, gracias al apoyo financiero de la *Sociedad Española de Astronomía* y de la *FECYT*, ha podido realizar la actividad en centros de la ONCE por toda la geografía española. “Estoy muy satisfecho porque

el taller ha tenido mucha aceptación y es una labor que no está haciendo nadie”, comenta el astrofísico.

Una nueva mirada

Podría parecer paradójico que siendo la astronomía una ciencia en la que se interactúa con el sentido de la vista, las personas que asisten al taller no puedan acceder a toda la información, pero para Pérez Montero, esto no es así: “yo mismo, que no veo, sigo dedicándome a la astronomía. Con descripciones adecuadas y el empleo de la voz, las personas que no ven pueden entender y seguir lo que voy diciendo”. Pero destaca que es necesario “estar encima de ellos”. Dar información muy precisa, que lo que estén tocando en ese momento esté ajustado con lo que se está diciendo.

Para apoyar las explicaciones se utilizan diversos materiales, diseñados por Enrique Pérez Montero y por la Universidad de Valencia, como imágenes de alto contraste (para aquellas personas que tengan un resto visual), láminas con gráficos en relieve y explicaciones en lenguaje *braille* y lo que llama más la atención, las maquetas elaboradas en impresora 3D de la Luna y las constelaciones.

El taller tiene un marcado carácter inclusivo y en él participan también personas sin discapacidad. Para Pérez Montero esto es “muy positivo” y permite acercar el conocimiento de una forma diferente. “Consigues

llegar a ellos con otras maneras de divulgar que no son a las que están acostumbrados. A lo mejor son gente que ve perfectamente pero que al utilizar las maquetas, al escuchar las descripciones que son más completas, entienden mucho más que con la fórmula clásica de divulgar. Lo hemos comprobado” destaca, a lo que añade, “a los estudiantes de Infantil, Primaria, Secundaria o de Universidad les encanta tocar las bóvedas, escuchar las explicaciones sobre que no es necesario salir al campo con un telescopio para hacer astronomía, que es todo más sencillo. Es más una cuestión de abstracción mental que de percepción visual”.

JARDINES DE LOS SENTIDOS Y CIENCIA SIN BARRERAS

La celebración en Granada de las II Jornadas de Ciencia Inclusiva ha servido para dar a conocer numerosas e interesantes iniciativas de divulgación para acercar el conocimiento al colectivo de personas con diversidad funcional. Disciplinas como la astronomía, la geología, la botánica o la jardinería están ya al alcance de todos, gracias al trabajo de divulgación y adaptación que están realizando un buen grupo de científicos y científicas en distintos rincones de España.

Una de estas actividades señeras en materia de divulgación accesible son los Jardines de los Sentidos. En el Jardín Botánico-Histórico ‘La Concepción’ de Málaga realizan visitas adaptadas y talleres para escolares relacionados con las plantas. “Hoy día La Concepción es visitada por 75.000 personas cada año”, comenta Blanca Lasso de la Vega, jefa de la Sección de Investigación y Divulgación Científica del Área de Sostenibilidad Ambiental del Ayuntamiento de Málaga que añade: “Queremos que el jardín llegue a todos los públicos, en concreto llevamos mucho tiempo velando porque las personas con discapacidad puedan disfrutar de las plantas y de este entorno con todo lo necesario para ello”.

Los contenidos principales de los talleres son relacionar las plantas con los sentidos, de modo que a través de ellos se puede aprender y disfrutar de los vegetales. También realizan distintas manualidades con partes de las plantas, para conocerlas y saber sus usos en la vida diaria.

“En un lugar como este las discapacidades no son una limitación. Hay tanto que percibir que el no ver no es un obstáculo, puedes oler la tierra, el agua, las flores... puedes oír las explicaciones del monitor, el movimiento de las hojas, de las ramas, del agua en las cascadas... puedes sentir el aire, el sol en la piel, puedes tocar y darte cuenta de las distintas texturas de las hojas, de los pétalos de las flores...”

Incluso puedes degustar algún fruto o alguna flor comestible. En algunos talleres tapamos los ojos a los videntes para que perciban todo lo anterior con profundidad”, destaca la divulgadora. “Más difícil es transmitir a personas con discapacidades cognitivas y sin embargo solo con pasear por aquí y disfrutar del aire libre y de las plantas se observa cómo se van felices. Las últimas investigaciones apuntan que el jardín en si es un lugar para sanar, así pues todos salimos beneficiados cuando venimos a La Concepción”. El Jardín cuenta con más de cincuenta mil plantas, de dos mil especies tropicales, subtropicales y autóctonas, destacando la colección con más de cien especies diferentes de palmeras, bambúes y plantas acuáticas.

Los beneficios que aportan este tipo de talleres también están claros para Eva M^a León responsable del Área de Educación del Real Jardín Botánico de Córdoba, que desde hace cinco años organiza actividades relacionadas con el mundo de la jardinería para personas con discapacidad funcional,

Al objetivo principal de este proyecto, el acercar la astronomía a todas las personas que sientan curiosidad por saber más, se suma un deseo por parte del propio Enrique: “normalmente a las personas con discapacidad se les orienta hacia carreras que no son científicas, mi deseo sería poder revertir esta situación y que puedan elegir a qué carrera quieren dedicarse, incluidas las científicas, teniendo la garantía de que cuentan con los medios necesarios y adaptados para hacerlo”. Él es un ejemplo de que ambas realidades, ser científico y tener una discapacidad, no son incompatibles.

Y del Universo... al mundo vegetal

Siguiendo el impulso pionero del IAA-CSIC, un grupo de científicas de la *Estación Experimental del Zaidín (EEZ-CSIC)* se ha propuesto acercar la riqueza y variedad del mundo vegetal a las personas con discapacidad sensorial. Con este fin, la directora de la institución Matilde Barón junto con Ana Belén Robles y María

Eugenia Ramos, ambas botánicas, han puesto en marcha el taller de Agronomía Accesible. “Enrique Pérez Montero fue una pieza fundamental para enseñarnos cómo deberíamos trabajar con personas invidentes. Tuvimos que aprender a adaptar formatos. Hacerlos más táctiles, para tocar, para saborear...”, resalta Matilde Barón. La actividad comenzó en 2016 y está destinada a personas invidentes, sordas y lo que ha sido un reto aún mayor para las investigadoras, a personas sordo ciegas.

Para diseñar el taller las científicas se inspiraron en los contenidos divulgativos del *Real Jardín Botánico del CSIC*. “Decidimos empezar por la adaptaciones de las plantas a distintos climas, viendo aquellas que podían ser más intuitiva, que fuese más palpable y que una persona con discapacidad visual pudiese percibir bien. Había iniciativas en otras partes del mundo para invidentes. No eran talleres, sino jardines, jardines de los sentidos. Ahí nos inspiramos para hacer el taller de aromáticas. Basándonos en los sentidos pero no en la vista”, explica Robles.

>>>

intelectual, autismo y parálisis cerebral entre otras.

“Se involucran y conectan con las distintas actividades, establecen relaciones sociales entre los compañeros y con los adultos implicados. El simple hecho de salir de sus centros educativos para realizar otras labores en un sitio diferente les motiva de tal forma que a la hora de trabajar se percibe el cambio positivo que les produce esta actividad”, resalta la educadora. Y añade, “es una labor enriquecedora ya que a medida que avanza el curso ves como personas con diferentes discapacidades van adquiriendo habilidades y conocimientos relacionados con la jardinería y el cuidado del medio”.

Los talleres se realizan de lunes a viernes, en horario de mañana, durante el curso escolar. La metodología utilizada pretende,

a través de clases prácticas, adecuar cada actividad según las capacidades y habilidades de cada persona, fomentando tanto el trabajo individual como el grupal. Lo que más le gusta al alumnado – comenta la responsable de Educación del Jardín Botánico - son las labores en que el contacto con la tierra está presente, siembra, trasplante, repicado. El riego con manguera también es una de las favoritas”.

Eva M^a León está muy satisfecha con el buen funcionamiento de este proyecto ya que se lleva realizando varios años y se han seleccionado aquellas actividades que despiertan más interés entre los participantes.

Ciencia sin barreras

Cada vez hay más iniciativas de ciencia inclusiva en España. A partir de un proyecto de innovación educativa de la Universidad

Complutense de Madrid para la divulgación de la geología, Geodivulga, se funda, en febrero de 2014, la asociación ‘Ciencia sin barreras’. La asociación está destinada a promover y desarrollar actividades de divulgación científica para personas con discapacidad. “Entre los socios, la mayoría es gente que trabaja en ciencia. Hay psicólogos y educadores relacionados con el mundo de la discapacidad, también hay estudiantes de carreras de ciencias. La gran parte son científicos que ya se dedican a divulgación”, explica Miguel Gómez Heras (UCM) presidente de ‘Ciencia sin barreras’.

Entre los retos de la asociación está consolidarse, seguir buscando proyectos y financiación y “promover que en las universidades los científicos y académicos asociados pidan proyectos de innovación educativa que incluyan temas de inclusividad”, añade Gómez Heras.

Los asistentes al taller, un máximo de doce personas incluidos acompañantes e intérpretes de signos, realizan un viaje fascinante a través de sus explicaciones, tocando y oliendo las más de 70 plantas que movilizan para la actividad. Coníferas, trepadoras, carnívoras, aromáticas, algunas desconocidas y otras más comunes como el olivo o el *Aloe Vera* pasan por las manos de los participantes. Texturas y olores son protagonistas pero en el taller de frutos lo son los sabores. De los frutos secos como las avellanas a los carnosos como el arándano, frambuesa, albaricoque o aceituna. Los asistentes escuchan, tocan y saborean.

Enrique Pérez Montero es un ejemplo de que ambas realidades, ser científico y tener una discapacidad, no son incompatibles.

Diseñar los contenidos y la dinámica del taller es esencial. “Nos hemos dado cuenta con la práctica que si ofrecemos mucha información a la vez los asistentes se pierden”, destaca Matilde Barón. “Si normalmente en una charla o taller de divulgación tienes que aprender cómo es el público al que te diriges, en este caso, es muy importante tener la máxima información sobre el tipo de público que va a asistir, conocer el grado de discapacidad y de formación de los participantes”.

Tanto Matilde Barón como Ana Belén Robles y María Eugenia Ramos compaginan la realización de esta actividad con su labor investigadora. Lo hacen por pura vocación y por el interés en compartir sus conocimientos. Las tres coinciden



Taller de Agronomía Accesible.

en que esta experiencia les ha aportado mucho personalmente y como divulgadoras han tenido que desarrollar capacidades como la empatía, la comunicación, el sintetizar contenidos y sobre todo, redescubrir en cada taller la importancia de los detalles, de una hoja, de una flor, de un aroma...]

ALFOMBRAS COBRIZAS

PARA LOS OLIVOS



Detalle de 'Bromus rubens'.

La empresa Semillas Cantueso desarrolla cubiertas vegetales a partir de plantas autóctonas.

Fuente: Antonio Martín Rodríguez | Asesoría científica: José Ángel Cantueso.

Los olivares descarnados, sin más verde en la finca que el de las hojas de los árboles, son todavía multitud en los campos de cultivo andaluces. Existe otro modelo que aboga por lo contrario: extender una alfombra vegetal a los pies de los retorcidos árboles. Detrás de esta opción está dar respuesta a los daños por escorrentías y a la pérdida de suelo fértil en los diferentes cultivos.

Las cubiertas vegetales frenan el desgaste del terreno. Con las precipitaciones, a veces torrenciales, el suelo pierde sus capas más superficiales, y con ello nutrientes y capacidad para retener agua y humedad. Una cubierta de hierbas permite reducir el impacto de la erosión. En pocas ocasiones se acude a especies autóctonas para cubrir los espacios entre olivos. La

empresa Semillas Cantueso ha iniciado un desarrollo pionero en la implantación de este tipo de plantas autóctonas como cubiertas vegetales. A los beneficios en el cultivo esperan sumar también los ambientales.

El desarrollo empresarial de estas cubiertas es fruto de un lustro de colaboración con el Instituto de Agricultura Sostenible (IAS-CSIC). Junto al equipo de investigación que dirige José Alfonso Gómez, se trabaja en la caracterización y evaluación de un número limitado de especies autóctonas "por los diferentes beneficios que éstas reportan", explica el investigador del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Una de estas plantas es una gramínea llamada *Bromus rubens*. La herbácea recuerda a la avena. Tiene una altura de unos veinte-treinta centímetros, con un tallo recto que al fructificar toma colores rojizos y cobrizos. De naturaleza muy rústica, forma herbazales y se puede encontrar en el sur de Europa y el norte de África. "Desgraciadamente, está en retroceso por el uso desmedido de herbicidas en el ámbito agrícola", explica José Ángel Cantueso, responsable de la empresa. Tratada como una "mala hierba", la planta sobrevive ahora en los bordes de los caminos, donde no llegan los tratamientos fitosanitarios, y en terrenos agrestes. Desde la empresa quieren darla a conocer y valorarla como una solución válida y actual a los problemas de erosión y fertilidad en los suelos de los cultivos de olivar.

Cubierta cobriza

La hierba, conocida en algunos lugares como colajaca, espiguilla de burro o plumerillo rojo, dispone de un ciclo vital corto. Brota en invierno, grana en primavera y con los primeros calores de junio y julio se agosta. De esta manera, no compite por el agua con el árbol cuando empieza a fructificar la aceituna. "A los beneficios de frenar la erosión se le suma que no emplea recursos del suelo que podría necesitar el olivo en el desarrollo de su fruto a la vez que no dificulta las labores de recolección, aparte de la belleza paisajística que conforma el tapiz de espigas de color rojizo en su estado de maduración", explica Cantueso.

Los ensayos realizados en colaboración con el Instituto de Agricultura Sostenible hasta ahora muestran que "la planta no es nada perjudicial para el cultivo, pues aparte de ser una planta autóctona adaptada a las condiciones de suelo y clima mediterráneos, retiene la suficiente



Equipo multidisciplinar que conforma Semillas Cantueso.

humedad para los árboles, nutre el suelo, atrae a insectos polinizadores beneficiosos y evita la erosión”, indica el director de la empresa. Los trabajos de investigación se han realizado en diferentes fincas del sur de España. A largo plazo, los resultados mostrados son muy satisfactorios y hacen posible el incremento de la biodiversidad en el cultivo, aspecto que está desarrollando y fomentando la nueva Política Agraria Común.

La compañía cuenta con el mayor catálogo privado de semillas autóctonas ibéricas de España, según refleja su memoria de empresa.

Vistos sus posibles beneficios, la empresa que hasta ahora ha recolectado de forma manual, en entornos naturales, las semillas de *Bromus rubens*, procesándolas en sus instalaciones, está investigando con el IES (CSIC) y la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes de la Universidad de Córdoba cómo reducir sus costes de producción con el fin de convertirla en un cultivo controlado y competitivo para la formación de cubiertas vegetales autóctonas y ofrecerla al mercado a precios más accesibles. Allí, sin embargo, se encuentra con la dura competencia de

otras especies herbáceas procedentes de cultivos de importación y en manos de grandes multinacionales del sector de las semillas herbáceas.

En las fincas de olivos y otros cultivos que emplean cubiertas vegetales se extiende el uso de variedades de fuera de la península ibérica (semillas alóctonas), como lo es el *Lolium multiflorum*. También conocida como raigrás italiano, es una hierba forrajera de color verde claro, hojas alargadas y colorada en la base de su tallo. Procede de lugares de producción tan exóticos como Canadá, Australia o Nueva Zelanda, y apenas se da de forma natural en el ecosistema ibérico. El precio de esta planta es diez veces menor que el de la planta autóctona. Por tanto, “el reto es doble: abaratar la producción de ésta semilla y convencer a los productores del uso de semillas de plantas autóctonas para la creación de cubiertas vegetales en cultivos, pues todo son ventajas a medio y largo plazo”, explica Cantueso.

Colección

La compañía cuenta con el mayor catálogo privado de semillas autóctonas ibéricas de España, según refleja su memoria de empresa. Ha ido recolectando estos granos desde 2007, de una forma manual y controlada. Con esta labor de *hormiguista* pretende conservar

el rico patrimonio fitogenético y generar riqueza a partir de la amplia biodiversidad que atesora la península ibérica. Fruto de este trabajo y esfuerzo, fue la distinción que obtuvo la empresa como “entidad colaboradora” en materia de conservación de flora y fauna silvestres por parte de la Junta de Andalucía, en el pasado año 2016.

En la investigación y el desarrollo colabora con la Universidad de Córdoba, el IAS (CSIC) y el Real Jardín Botánico de Córdoba. El catálogo está formado en la actualidad por unas 860 especies diferentes. La conservación de estas semillas en un biobanco o banco de germoplasma, supone una salvaguarda de gran parte del acervo botánico peninsular. |



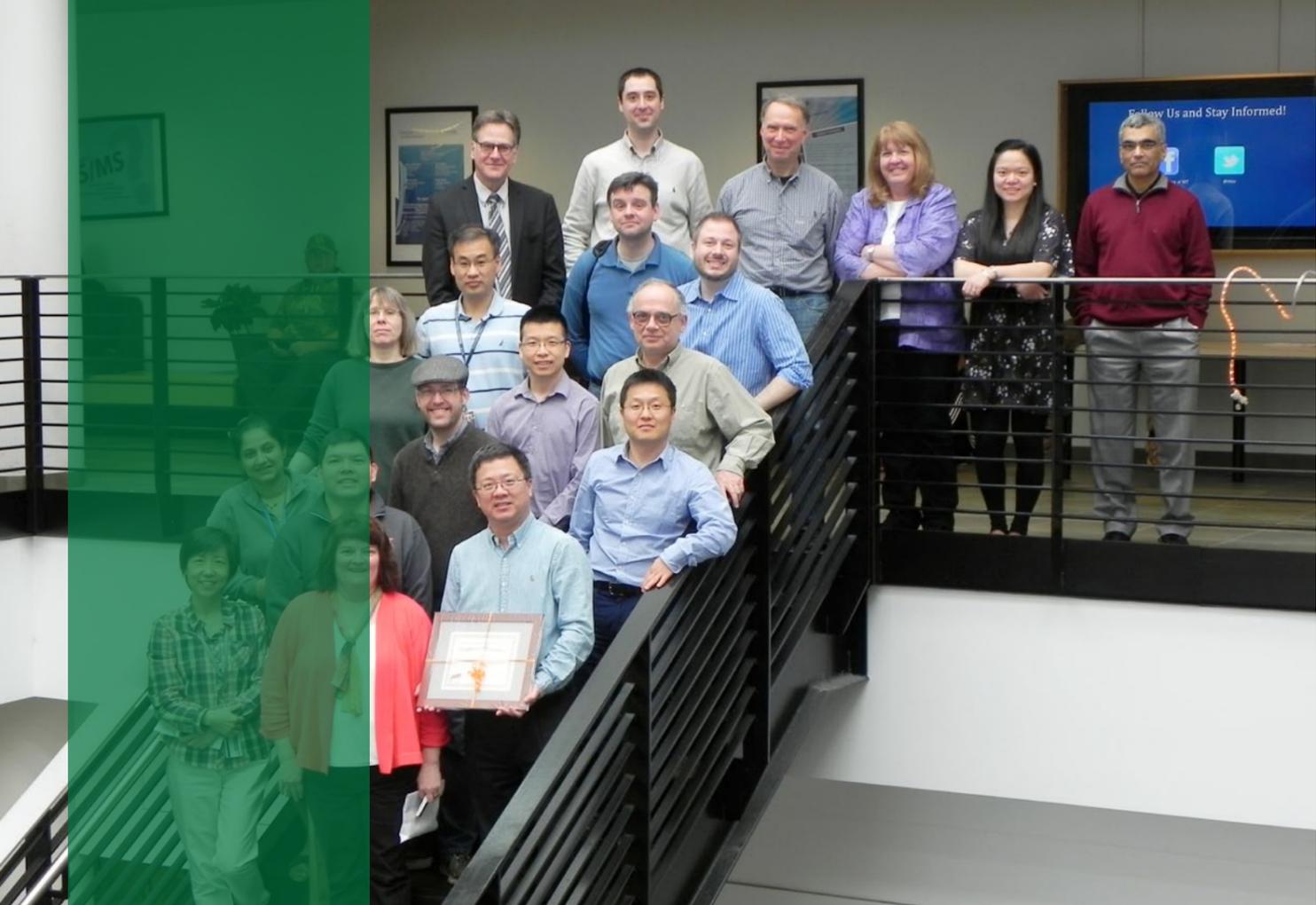
Trabajo en el laboratorio de la empresa.

PRADERAS NATURALES EN EL MUNDIAL DE FÚTBOL

La inauguración en la Copa del Mundo 2006 del Fußball Arena München, más conocido como Allianz Arena por el patrocinio comercial, no sólo supuso una oportunidad para mostrar lo más innovador de la arquitectura alemana en grandes recintos. Urbanísticamente se aprovechó también para lanzar al orbe un mensaje. Junto al estadio se crearon unas zonas ajardinadas, pero se eligieron praderas naturales bávaras, y no césped convencional, como ornamentación vegetal. Es la corriente más novedosa e innovadora en ajardinamientos públicos, por lo integrado, sostenible y responsable de su uso.

El uso de praderas naturales empieza a extenderse por Europa, relata José Ángel Cantueso, y su empresa se ha lanzado a desarrollar los primeros proyectos en España. La compañía ha logrado en 2016 contratos con los ayuntamientos de Barcelona y Palma de Mallorca para emplear

gramíneas, herbáceas y plantas anuales de flor para decorar los parques y jardines de estas dos ciudades. “Una de las principales ventajas de estas praderas naturales es que se evita el uso de glifosato”, explica el empresario. El glifosato es un herbicida de amplio espectro empleado de forma convencional en las ciudades y cuyo uso la Unión Europea está estudiando prohibir en zonas ajardinadas por sus potenciales impactos negativos en la salud de todos. El siguiente reto para esta empresa es dar a conocer y ofrecer este tipo de semillas autóctonas de plantas silvestres para la creación de praderas naturales en el mercado *amateur* o aficionado, mediante el diseño y creación de los llamados “botes de semillas de biodiversidad”. Se trata de pequeños envases de semillas de plantas silvestres destinados a la creación de pequeños ajardinamientos naturales en pequeñas superficies, tales como macetas, jardineras, arriates.



Carlos, arriba en el centro, junto a profesores del programa de doctorado en el B. Thomas Golisano College of Computing and Information Sciences.

“LA ‘HUMANIZACIÓN’ DE LOS DATOS: AHORA DESCRIBEN CÓMO SOMOS”



Carlos Rivero Osuna –Sevilla, 1982- es licenciado en Ingeniería informática por la Universidad de Sevilla y doctorado, en el año 2012, en el departamento de Lenguajes y Sistemas de la misma institución. Tras su paso por la Universidad de Idaho, Estados Unidos, en 2015 comienza su labor como docente e investigador en el departamento de Ciencias de la Computación del Instituto Tecnológico de Rochester, cerca de Nueva York, donde desarrolla, entre otras, diferentes técnicas destinadas a facilitar, tanto para el docente como el alumnado, la enseñanza y el aprendizaje de un área, hoy día en auge dentro de la Informática y otras disciplinas científicas, como es la programación.

Fuente: José T. del Pozo | Asesoría científica: Carlos Rivero Osuna

Trabaja como profesor e investigador en el departamento de Ciencias de la Computación del Instituto Tecnológico de Rochester –RIT-, ¿cuál ha sido su camino hasta llegar a esta institución?

Durante mi doctorado visité a los profesores Alberto Pan en la Universidad de A Coruña, Paolo Papotti, en la Universidad de Roma Tre, Italia, y Christian Bizer, en la Universidad Libre de Berlín, Alemania. Esta experiencia, unida a la finalización de mi doctorado, me llevó a trabajar, entre 2013 y 2015, como *postdoc* en la Universidad de Idaho. Cuando finalicé esta etapa, comencé a buscar nuevas opciones y tuve la oportunidad de encontrar mi sitio en el RIT. No obstante, antes de la Universidad, he participado como ingeniero de software en la creación de aplicaciones web en diferentes ámbitos, como la electricidad, los supermercados o la construcción para empresas como ‘Endesa’, ‘Carrefour’ y ‘Sando’.

Para las personas que leen esta entrevista y se plantean la búsqueda de oportunidades laborales en el mercado internacional, ¿puede describirnos un poco más su puesto y cómo es su evolución a lo largo del tiempo?

En concreto, hoy día, y durante los próximos seis años, trabajo como *Assistant profesor*, un rango académico empleado en algunos países como Estados Unidos o Canadá. Posteriormente, en agosto de 2021, tendré mi primera revisión para ascender a *Associate professor* –equivalente a profesor titular en España-, aunque el próximo curso, coincidiendo con el ecuador de mi primera etapa, me someteré a una observación intermedia donde mis supervisores me exponen qué tal voy: analizan investigación, docencia y servicios a la institución.

Sus comienzos estuvieron relacionados con la *deep web* o web profunda, hasta especializarse en la representación de programas mediante la teoría de grafos. Puede explicarnos ambos conceptos...

La web profunda o invisible podemos entenderla como la parte de Internet que contiene información y páginas web –como bases de datos o revistas académicas, por ejemplo- que no están indexadas en ninguno de los buscadores existentes hoy día, como son Google o Yahoo. De hecho, fíjese, la única manera de que esta zona ‘oculta’ de la red dejase de existir es que algún motor de búsqueda lograra indexar todas las web que coexisten en la actualidad.

Generalmente, ¿puede llegar a confundirse este concepto con la también conocida *dark net* o web oscura?

Efectivamente. La *dark net* es solo una pequeña parte de la *deep web* donde todo es anónimo y está cifrado, recibiendo su nombre por el tipo de información que alberga: pornografía o terrorismo, por ejemplo.

¿Y cómo llega a la teoría de grafos?

Simplificando, un grafo se puede representar como un conjunto de puntos, a los que denominamos nodos o vértices, unidos por líneas que son las aristas. De este modo, los mencionados grafos permiten estudiar las interrelaciones entre unidades que ya se encuentran interaccionando entre ellas. Por ejemplo, interpretados de la forma correcta, pueden proporcionar información relevante sobre mapas, circuitos electrónicos o mejorar la búsqueda de contenido en motores como Google o Yahoo, un ámbito, este último, que nos llamó mucho la atención y que decidimos investigar.

Tras su paso por la Universidad de Idaho decide embarcarse en un nuevo ‘mundo’ para usted, la aplicación de los grafos a la representación de programas, ¿en qué consiste?

La idea primaria partió de mi mentor en Idaho, ya que tenía un artículo donde describía que, mediante grafos, se podía mostrar la semántica de los programas informáticos. Una vez en Rochester, decidimos explotar esa idea, investigando y enviando una propuesta a la Fundación Nacional de Ciencia - *National Science Foundation*-, que fue rechazada, pero que obtuvo el sello de “competitiva”, una muy buena señal que nos invitó a seguir trabajando.

Los grafos proporcionan información relevante sobre mapas, circuitos electrónicos o mejoran la búsqueda de contenido en motores como Google o Yahoo.

Y en ello están...

Exacto. Ya nos han aceptado la participación en la, en mi opinión, tercera mejor conferencia sobre bases de datos (data management, en inglés) a nivel mundial como es la *IEEE International Conference on Data Engineering*, que celebra su vigésimo tercera edición el próximo mes de abril en San Diego, California.

¿Cuál es la principal innovación de esta línea de trabajo?

En Estados Unidos cada vez más estudiantes, de diferentes áreas de la ciencia, no solo ingeniería informática, desarrollan el curso de iniciación a la programación de forma *online* o presencial al comienzo de su carrera universitaria. De esta manera, el alumnado necesita una retroalimentación sobre las tareas

desarrolladas en la plataforma que hoy día no está recibiendo de forma puntual, ya que para los docentes es imposible resolver, al mismo tiempo, todas las dudas o exigencias que se les presentan. Tenga en cuenta que hablamos de cientos de miles de alumnos.

Y es aquí donde entra en juego, de nuevo, la teoría de grafos.

Eso es. Mediante grafos, estamos siendo capaces de dar el *feedback* correcto sobre casi diez millones de soluciones posibles a los estudiantes empleando, de media, aproximadamente 0.03 segundos.

Carlos Rivero trabaja en diferentes técnicas destinadas a facilitar, tanto para el docente como el alumnado, la enseñanza y el aprendizaje de la programación.

¿Cuáles son sus posibles aplicaciones prácticas?

El producto final, una vez detectados los patrones, es el desarrollo de un software que facilite la interacción del alumno con la plataforma –en la que se imparte el curso- y donde el profesor puede tener una visión completa de lo que está ocurriendo. Por tanto, el alumnado recibe, en tiempo real, información sobre sus errores o aciertos y el docente, un contenido útil sobre su propia metodología de enseñanza.

Igualmente, para la comunidad sorda, que aquí es muy extensa, se trata de una técnica especialmente útil ya que, hasta la fecha, aprenden el material vía intérprete. Sin embargo, mediante grafos, ellos tendrían directamente acceso al *feedback*, ayudando de este modo al interlocutor del proceso y facilitando el aprendizaje.



Carlos Rivero, a la izquierda, junto a Wilberto Núñez Pichardo y Víctor Marín Aguilar.

Partiendo de las diferencias existentes, ¿son resultados o metodologías extrapolables al contexto español?

En principio, sí, aunque interfieren, como señala, circunstancias culturales que habría que estudiar en profundidad. Nosotros trabajamos en el aspecto tecnológico y si éste funciona habría que analizar cómo hacerlo, ya que el lenguaje, la metodología y, en definitiva, los patrones, son muy distintos.

Carlos Rivero: “El análisis de ingentes cantidades de datos describen los perfiles de la sociedad, cómo somos”.

¿Por dónde pasa el futuro de la informática?

La inteligencia artificial traducida en ordenadores inteligentes – más que los humanos-, algo que, según los expertos, puede ocurrir en aproximadamente diez o quince años. Esto dará lugar a un escenario donde parece obligatorio que las computadoras portasen, en su interior, algún tipo de razonamiento ético.

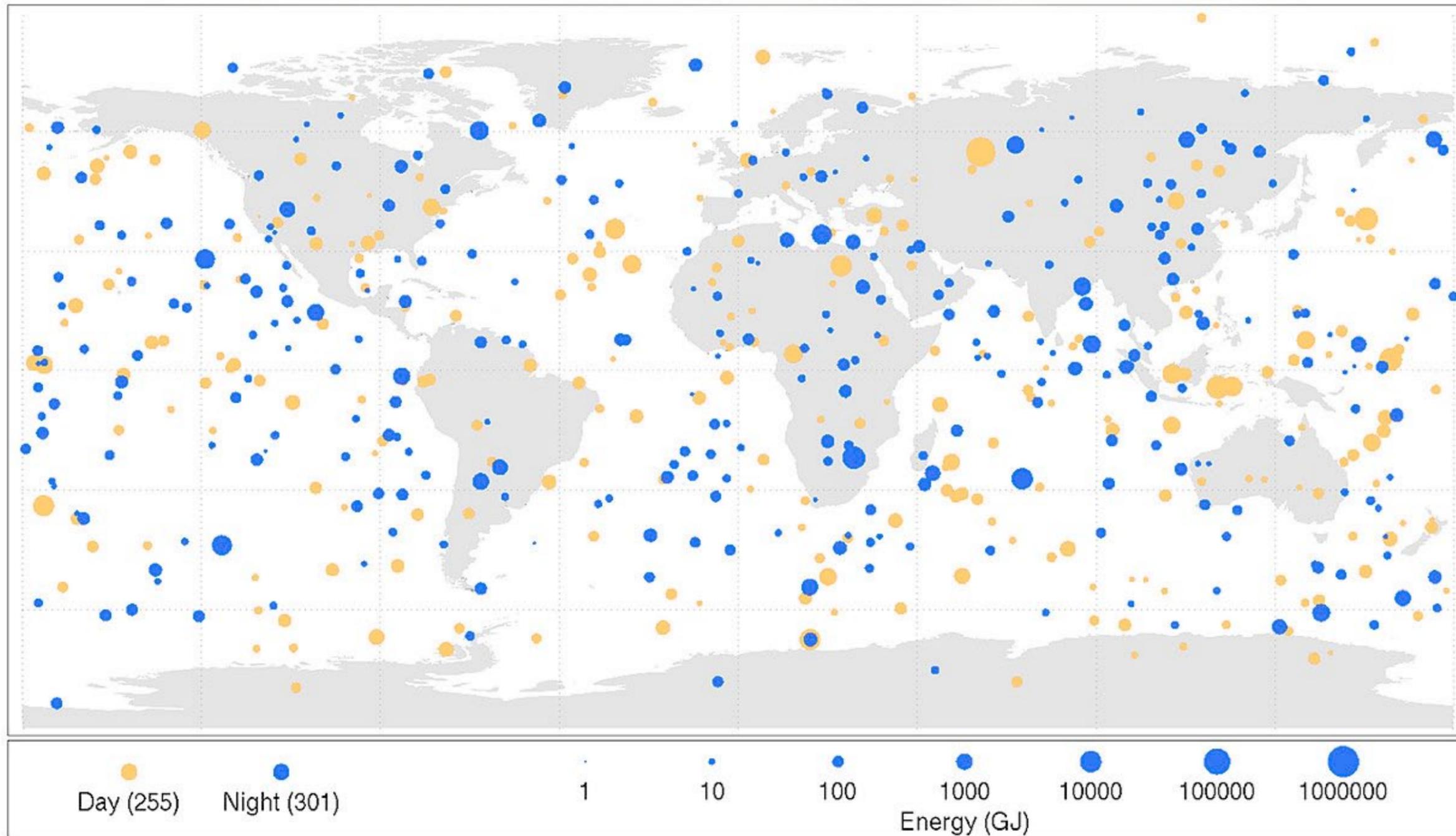
Por último: ¿qué tipo de información nos aporta la ciencia de los datos?

Desde hace algunos años, empresas como Facebook o Google perciben que sus necesidades han cambiado. Un ejemplo: ¿sabe qué es lo que ocurre durante un minuto de Internet en todo el mundo? Netflix y Youtube ocupan el aproximadamente el 50 por ciento del tiempo. Dentro de estos porcentajes existe mucha heterogeneidad –tipos de usuarios, ámbitos de acción, webs o vídeos, por ejemplo-, es decir, ingentes cantidades de datos que describen cómo somos –se han humanizado- donde el reto, para los especialistas, es extraer información útil: hablamos de detectar patrones de fraude, tendencias personalizadas de compra, de películas o sugerencias sobre productos o viajes a países que, muy probablemente, le gustará visitar. |

METEOROIDES, METEOROS Y METEORITOS, ¿CÓMO SE DIFERENCIAN?

¿Qué es eso que atraviesa el cielo? ¿Es un pájaro? ¿Es un avión?... No. Es un meteoro, que no un meteorito, porque lo primero es identificar correctamente cada uno de estos fenómenos. El pasado 11 de diciembre, un meteoro brillante, también denominado bólido o bola de fuego, fue visible a su paso, a gran velocidad, por los cielos de las provincias de Granada y Almería, captando la atención de los científicos y provocando la sorpresa de los ciudadanos que pudieron verlo y, lo que es más inusual, oírlo. Este fenómeno, la llegada de meteoroides a la Tierra, es más frecuente de lo que parece. La mayoría de los que atraviesan la atmósfera terrestre son partículas microscópicas. De hecho, llegan de 50 a 230 meteoroides de más de 10 gramos cada día. Aquellos que miden a partir de 50 metros de diámetro y que no se desintegran son sin embargo los que más preocupan a los científicos, ya que el impacto contra la superficie terrestre traería consecuencias devastadoras para el planeta como ya ocurrió en el pasado.

Fuente: Luz Rodríguez | Asesoría científica: René Duffard.



Eventos meteoros 1994-2013.

La comunidad científica lleva décadas estudiando los objetos que llegan u orbitan alrededor de la Tierra. Estos objetos externos, si superan los 100 metros de diámetro, se denominan asteroides, en tanto que si son más pequeños y tienen la posibilidad de entrar a la atmósfera, son meteoroides. El fenómeno luminoso que produce el meteoroides cuando entra en la atmósfera se denomina meteorito. Así, un bólido o bola de fuego (del inglés *fireball*) es un meteorito muy brillante. “El nombre de bola de fuego confunde. No arde -explica René Duffard, astrofísico y experto en estos fenómenos

La comunidad científica se afana, durante décadas, en estudiar los diversos objetos que llegan u orbitan alrededor de la Tierra.

del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC)-. Es simplemente algo muy brillante y por eso lo asociamos con el fuego. Se trata de una mala traducción del inglés”.

Cuando el meteoroides entra en la atmósfera, ‘sobrevive’ a la entrada y ‘toca’ suelo, se denomina meteorito. Es, por tanto, la piedra que se conserva, la que estudian los científicos y la que, en ocasiones, es objeto de deseo por parte de los coleccionistas que recorren la superficie del planeta buscando estos codiciados trozos de rocas procedentes del espacio.

“Me gustaría aclarar -indica Duffard- que el término *lluvia de meteoritos* no es correcto. Es una lluvia de meteoroides. Las Perseidas o Lágrimas de San Lorenzo que se registran cada año cuando la Tierra atraviesa una nube de partículas minúsculas es realmente una entrada de material tan pequeño que puede que no sobreviva. En consecuencia, no queda ningún

meteorito de esa lluvia. También se les dice *lluvia de estrellas*, a pesar de que tampoco son estrellas lo que estamos viendo. Se trata por el contrario de una lluvia de partículas. Sólo en el caso de que lo que entre tenga un tamaño a partir de diez centímetros se le domina bólido o bola de fuego”.

Cuando estas partículas minúsculas se mueven a gran velocidad, unos cinco kilómetros por segundo, producen fricción por el aire, a unos ochenta kilómetros de altura, y entran en la atmósfera. “A este fenómeno se le denomina ablación y produce mucha luz alrededor del objeto. En todos los cuerpos que entran en atmósfera se produce este fenómeno..., pero también en Marte, en Venus o en el Sol. De hecho, se ha detectado la entrada de partículas y encontrado meteoritos en la superficie de Marte”, explica Duffard.

Cuántos entran, dónde y de qué están compuestos

Se estima que la masa total que entra a la atmósfera de la Tierra es del orden de 37.000 a 78.000 toneladas por año (entre 100 y 215 toneladas por día), si bien la mayoría son partículas microscópicas. “Haciendo una extrapolación a toda el área de la Tierra, se estiman unos 18.000 a 84.000 meteoroides mayores de 10 gramos por año, es decir, entre 50 y 230 meteoroides por día. Sólo aquellos que supera el kilo no se desintegran”, añade el experto.

El 68% de los meteoritos encontrados se sitúan en la Antártida, debido a que en su superficie se localizan fácilmente. Por su parte, otro 14% de los hallazgos se producen en los desiertos del Norte de África. El 85%

de ellos están compuestos de rocas que se denominan condritas ordinarias, el mismo tipo de material que ha formado el sistema solar. El 15% restante se dividen en una gran variedad de materiales: rocosos, metalo-rocosos y metálicos.

René Duffard: “Uno de los más extendidos es que el meteorito está caliente cuando es encontrado o que produce un cráter enorme”.

Duffard añade que uno de cada diez meteoritos que se encuentran proviene de la ruptura de lo que se denomina un objeto diferenciado. El planeta Tierra, por ejemplo, es un objeto diferenciado porque está formado por un núcleo, un manto y una corteza. Los meteoritos se pueden clasificar además según la zona de donde provengan del cuerpo original. Los procedentes del núcleo del asteroide fragmentado original están compuestos de hierro (ferroso); los de la zona de transición entre el núcleo y el manto, son los metalo-rocosos; los rocosos proceden de la parte del manto y los basálticos provienen de la corteza. “Son una gran fuente de información porque estas rocas se han formado en el origen del sistema solar y no se han alterado”, destaca Duffard.

Falsos mitos

Existen ciertos mitos en torno a los meteoritos que el investigador quiere aclarar. “Uno de los más extendidos es que el meteorito está caliente cuando es encontrado, que produce un cráter enorme, que está todo quemado... A pesar de que durante el proceso se calienta mucho, más de 1.000 grados de temperatura en la atmósfera, sólo se calienta una capa muy fina del meteorito y cuando llegan a la Tierra, se enfría rápidamente mientras cae. A 25 o 30 kilómetros de distancia de la superficie, la temperatura es muy baja, de modo que cuando llega al suelo, ya está frío”, explica el investigador.

El cine ha motivado algunos de estos mitos como el de que “todo cae en Nueva York”, bromea Duffard. “Si uno compara el área de las ciudades con el área total de la Tierra la probabilidad de que caiga un objeto dañino en el mar es muy superior”, aclara. Y añade, “como es lógico, no hay un lugar que registre más caídas que en otro. Entran en cualquier parte de la superficie terrestre e indistintamente de día o de noche”.



De izquierda a derecha y de arriba a abajo:
Ahumada Stony-iron, pallasite.
Stone Achondrite.
Sikhote-Ali- Iron.

DOS EVENTOS RECIENTES, GRANADA Y CHELIÁBINSK



Bólide sobrevolando Granada.

A las 22.30 horas del 11 de diciembre de 2016, un bólido o bola de fuego atravesó a gran velocidad los cielos de Granada y Almería. Era una noche despejada. Lo más llamativo del suceso fue que produjo ruido. Se escuchó un estruendo debido a que el meteoro explotó antes de tocar tierra como consecuencia del impacto contra la atmósfera terrestre de un meteoróide a una velocidad aproximada de 72.000 km/h y a una altura superior a los 20 kilómetros.

Por su parte, el bólido que sobrevoló la ciudad rusa de Cheliábinsk, en la zona sur de los Urales, lo hizo a las 09.20 horas del 15 de febrero de 2013. El meteoróide sobrevoló varias provincias y la ciudad de Cheliábinsk en el momento de entrar en la atmósfera terrestre, hasta impactar a 80 km de dicha localidad. El bólido liberó una energía de 500 kilotones, treinta veces superior a la bomba nuclear de Hiroshima y explotó aproximadamente a 20.000 metros de altura.

“Hasta ahora no se habían considerado las consecuencias del estruendo que provoca el objeto a su paso por zonas urbanas. Puede romper cristales y alarmar a la población. De hecho en la ciudad rusa hubo numerosos heridos por rotura de ventanas. Lo que entró en Rusia tenía un tamaño de unos 20 metros, por lo que el estruendo fue muy grande. El objeto de Granada, por el contrario, se calcula que tenía menos de un metro”, explica René Duffard.

Los ojos de la comunidad científica y de la sociedad están puestos, vigilantes, en estos objetos que viajan por el espacio. “En estos momentos se pueden detectar

fácilmente los de un kilómetro -especifica el experto-, creemos que los tenemos todos detectados, aunque, evidentemente, falta localizar muchísimos que están por debajo de un kilómetro de tamaño”.

En esto radica la importancia de estudiar este tipo de objetos. Hay muchos de 20 o 50 metros que no son tan grandes para ser un asteroide pero sí lo son para convertirse en un problema si entran en nuestra atmósfera. De hecho, a partir de los 100 metros de diámetro serían devastadores. Por eso hay que dedicar recursos y tiempo de investigación para poder detectar y estudiar si alguno puede ser potencialmente peligroso para nuestro planeta a corto plazo”, añade.

El papel de los observatorios de Sierra Nevada, Calar Alto y la Sagra

Para estudiar con más detalle este tipo de cuerpos, el IAA-CSIC está participando en un proyecto europeo llamado Small Bodies: Near and Far (SBNF) que por tres años tiene financiación para estudiar en detalle unos 100 objetos. “El objetivo final de este proyecto es reunir toda la información posible sobre estos 100 objetos (algunos NEAs, *Near Earth Asteroid*), muchos asteroides del cinturón principal, algunos centauros y varios TNOs (*Trans-Neptunian Object*, incluyendo a Plutón) para hacernos una idea completa, lo más detallada posible, de ellos. Usaremos la información que nos proporcionan las técnicas de la fotometría, la espectroscopia, el radar, la radioastronomía, las emisiones térmicas de estos objetos, las ocultaciones estelares producidas por ellos y la información que nos llega desde los diferentes telescopios espaciales”, indica el astrofísico argentino.

Se realizarán observaciones nuevas, desde los observatorios andaluces de Sierra Nevada, Calar Alto y La Sagra para determinar, en detalle, sus formas, tamaños, densidades, así como las propiedades ópticas y térmicas de la superficie. “Algunos de los usos que va a tener toda esta información es poder definir estos asteroides como faros estándares para los radio-astrónomos, podremos saber el origen de estos cuerpos y conocer las propiedades de la superficie para en un futuro no tan lejano quizás hacer minería y extraer los materiales que nos interesen”, concluye.

EN EL PRÓXIMO NÚMERO...



Campaña científica andaluza en 1988.

Más de dos décadas de investigación andaluza en la Antártida



Michael Hoskin.

Michael Hoskin vuelve a los Dólmenes de Antequera



Abeja en un panal.

El gran hermano de las abejas

EQUIPO

DIRECCIÓN CIENTÍFICA | CONSEJO EDITORIAL

EUGENIO DOMÍNGUEZ VILCHES

edominguez@uco.es

DIRECCIÓN EDITORIAL | CONSEJO EDITORIAL

JOSÉ MARÍA MONTERO SANDOVAL

redaccion@fundaciondescubre.es

CONSEJO EDITORIAL

TERESA CRUZ SÁNCHEZ

teresa.cruz@fundaciondescubre.es

IGNACIO GIL-BERMEJO BETHENCOURT

igilbermejo@gmail.com

CAROLINA MOYA CASTILLO

carolina.moya@fundaciondescubre.es

COORDINACIÓN DE CONTENIDOS

MIGUEL CARRASCO TELLADO

miguel.carrasco@fundaciondescubre.es

COORDINACIÓN DE VERSIÓN DESCARGABLE

JOSÉ TEODORO DEL POZO CRUZ

redaccion@fundaciondescubre.es

REDACCIÓN

Elena Lázaro Real

Antonio Martín Rodríguez

José María Montero Sandoval

José Teodoro del Pozo Cruz

Luz Rodríguez Herrera

HAN COLABORADO...

Emilio J. Alfaro

Matilde Barón

José Ángel Cantueso

Fernanda Carmona

René Duffard

Elías Fereres Castiel

Josechu Ferreras

Lola Gómez Ferrón

Carmen Guerra

Clara Grima

Enrique Pérez Montero

María Eugenia Ramos

Carlos Rivero Osuna

Ana Belén Robles

Mercedes Siles Molina

DISEÑO

Teresa Escobedo Serrano

Revista iDescubre

<https://idescubre.fundaciondescubre.es>

ISSN 2444-6920

REVISTA FUNDADA EN 2015

Edita:

DES
Q B R E
FUNDACIÓN



ENCONTRARÁS EN DESCUBRE



¿Quieres colaborar?

¡Entra en <https://idescubre.fundaciondescubre.es/quieres-colaborar-con-idescubre/> y descubre cómo!



DESCUBRE
FUNDACIÓN