

ESPECIAL I+D+i



Frances H. Arnold

Premio Nobel de Química 2018

Frances H. Arnold

Cuando la I+D+i se basa en la propia evolución

Laureada con el Premio Nobel de Química 2018 por su trabajo en la evolución dirigida de las enzimas, esto es, proteínas que catalizan reacciones químicas, Frances H. Arnold desarrolló a principios de los 90 nuevos métodos que permiten fabricar proteínas de forma respetuosa con el medio ambiente, tanto para la industria farmacéutica como para la producción biocombustibles renovables.

La Dra. Arnold lograba la mitad del galardón por su trabajo en la evolución dirigida de las enzimas, y George P. Smith y Sir Gregory P. Winter se repartieron la otra mitad por la tecnología de presentación de péptidos y proteínas en la superficie de los bacteriófagos (virus que infectan las bacterias). Ambas investigaciones muestran cómo la teoría de la evolución puede ser usada en biotecnología.

La idea principal detrás de este Premio Nobel de Química es que para sintetizar ciertas sustancias químicas orgánicas puede copiarse el modo en que lo hace la Naturaleza tras miles de años de evolución darwiniana. La Academia distinguió a Arnold, en definitiva, por impulsar la primera evolución dirigida de enzimas. No en vano, su trabajo ha revolucionado tanto la química como el desarrollo de nuevos medicamentos y sus métodos han hecho posible una industria más limpia, producir nuevos materiales y biocombustibles, mitigar enfermedades y salvar vidas, tal y como en su día destacaba en su fallo la Real Academia de las Ciencias Sueca.

"Nuestro objetivo es hacer química que sea compatible con la vida y para ello empleamos recursos renovables. Queremos desarrollar una ciencia y una tecnología que nos ayude a sobrevivir y prosperar en este planeta, y compartirlo con el resto de criaturas que lo habitan", declaró Arnold sobre sus investigaciones con motivo del premio.

Primera evolución dirigida de enzimas

Arnold se interesó a finales de 1970 por el desarrollo de nuevas tecnologías, primero con energía solar y luego con ADN, pero en vez de usar la

química tradicional para producir fármacos o plásticos, pensó en recurrir a las herramientas químicas de la vida, las enzimas, que son las que catalizan las reacciones en los organismos vivos.

Tras años intentando reconstruir enzimas para darles nuevas propiedades, a principios de los 90 optó por un nuevo enfoque, que no es otro que usar el método de la naturaleza para optimizar la química: la evolución.

Arnold fue pionera en el uso de la evolución dirigida para diseñar enzimas que realizan funciones nuevas o que funcionan de manera más efectiva que las enzimas naturales. Usando los principios de la evolución por selección natural, demostró que se pueden orientar a las proteínas y enzimas a llevar a cabo tareas biológicas. Para adaptarlas, usa un proceso que introduce mutaciones en las secuencias de las proteínas y prueba los efectos que causa. Si en un caso una mutación deriva en mejora, el proceso se vuelve a aplicar hasta mejorar el resultado.

Aplicaciones prácticas

El proceso puede ser aplicado para diseñar proteínas que puedan cumplir con una variedad de tareas, como usar enzimas para producir biocombustibles y compuestos farmacéuticos que causen menos daño al medio ambiente.

Los primeros trabajos de Arnold se centraron en la síntesis de la subtilisina (serina endopeptidasa), una proteasa, esto es, una enzima que digiere otras proteínas. Se obtenía a partir de la bacteria *Bacillus subtilis*, siendo muy usada en productos comerciales, como detergentes de uso doméstico, cosméticos y procesado de alimentos, y en la síntesis de otros compuestos orgánicos. En un



La quinta mujer en lograr el Nobel de Química

Arnold es la quinta mujer en lograr el Nobel de Química, después de Marie Curie (1911), Irène Joliot-Curie (1935), Dorothy Crowfoot Hodgkin (1969) y Ada Yonath (2009). Nacida el 25 de julio de 1956, es una científica e ingeniera química estadounidense, pionera en la investigación de métodos de evolución dirigida para crear sistemas biológicos útiles, incluyendo enzimas, rutas metabólicas, circuitos de regulación genética y organismos. Es catedrática "Linus Pauling" de ingeniería química, bioingeniería y bioquímica en el Instituto de Tecnología de California, Caltech, donde estudia la evolución y sus aplicaciones en ciencia, medicina, química y energía. Se licenció en ingeniería mecánica y aeroespacial por la Universidad de Princeton en 1979 y se doctoró en ingeniería química por la Universidad de California en Berkeley. Allí desarrolló su trabajo postdoctoral en química biofísica antes de unirse al Caltech, en 1986, considerada como una de las mejores universidades del mundo.

artículo publicado en PNAS, Arnold usó la evolución dirigida para modificar una subtilisina incapaz de romper la caseína (proteína de la leche) para obtener una subtilisina modificada (en 10 aminoácidos) que era 256 veces mejor proteasa contra la caseína. Su éxito fue emulado y mejorado por otros investigadores que convirtieron esta técnica de síntesis y mejora de proteínas como una herramienta imprescindible en biotecnología.

Los trabajos de Arnold se dirigieron a la síntesis de biocombustibles (de gran importancia

en la producción de energía renovable), y en otros laboratorios hacia la producción de fármacos (medicamentos). Por lo que su trabajo ha contribuido a un mundo más verde.

Otras aplicaciones del trabajo de Arnold fueron la producción de biocombustibles, en especial el isobutanol, que puede producirse con bacterias *E. coli*, pero requiere el cofactor NADPH. Las *E. coli* producen la nicotinamida adenina dinucleótido, o NADH, por ello, Arnold diseñó enzimas que usan NADH para permitir la producción del isobutanol.

Otra de las investigaciones consiste en la recombinación de proteínas, usada para formar nuevas proteínas con funciones únicas. Para ello desarrolló el método computacional SCHEMA, usado para crear simulaciones y predecir cómo combinar proteínas y después aplicar la evolución dirigida, para mutarlas para lograr optimizar sus funciones.

En 1993, Arnold desarrolló por primera vez un método para introducir mutaciones en la secuencia genética de enzimas e introducir las en bacterias. Este ganado microscópico servía para producir miles de variantes diferentes de la enzima en cuestión que, después eran seleccionadas y mejoradas generación tras generación, hasta tener una nueva proteína con propiedades que no se dan en la naturaleza.

Las bacterias se pueden usar como fábricas de enzimas (polipéptidos formados por la repetición en cierto orden de los 20 aminoácidos). Pero para ciertas aplicaciones biotecnológicas es preciso optimizar las enzimas que existen en la Naturaleza para mejorar su funcionamiento. Esta evolución dirigida (también llamada evolución in vitro o diseño "irracional") permite optimizar el diseño de las enzimas para su uso biotecnológico.

Los microorganismos naturales de Koppert llegan a los cultivos al aire libre para impulsar el control biológico de enfermedades

Trianium es un hongo beneficioso que protege las raíces y recupera la biodiversidad de los suelos sin dejar residuos

Los microorganismos naturales han llegado a la agricultura al aire libre para quedarse. Gracias a ellos, agricultores de toda España ya disponen de soluciones biológicas y 100% naturales para proteger sus cultivos de plagas y enfermedades. Estos seres vivos microscópicos que ya están presentes en la naturaleza no dejan residuos ni en el suelo ni en el fruto, así que no necesitan plazo de seguridad y son completamente inocuos para el consumidor. La 'revolución verde' de la agricultura española ha comenzado.

Un ejército invisible de nematodos y hongos beneficiosos ha iniciado una silenciosa revolución verde que está cambiando en poco tiempo la forma de gestionar la sanidad vegetal de los cultivos en toda España. Los microorganismos naturales llegan a la agricultura como alternativa al uso de los productos químicos y plaguicidas, cada vez más escasos a consecuencia de las crecientes limitaciones de uso impuestas por las administraciones competentes. La progresiva pérdida de herramientas químicas para el control de plagas y enfermedades deja en muchos casos al agricultor completamente indefenso y sin saber qué hacer para proteger sus cultivos.

Los microorganismos naturales son la respuesta más eficaz para cumplir con las limitaciones administrativas y con las cada vez más exigentes demandas de los consumidores, que reclaman alimentos saludables y exentos de residuos químicos. Es en este contexto donde toma fuerza el uso del control biológico de plagas y enfermedades, inspirado en las mismas reglas de juego de la naturaleza. Se trata de encontrar el enemigo natural más adecuado para controlar cada enfermedad y cada plaga.

TRIANUM, el escudo protector

TRIANUM es un buen ejemplo de esta nueva generación de productos completamente naturales. Cada vez son más los

productores y viveros que han comprobado que TRIANUM funciona en la práctica como un escudo protector frente a patógenos y previene enfermedades fúngicas de raíz como Fusarium, Sclerotinia, Rhizoctonia, Phytium y nematodos patógenos.

Desarrollado por Koppert Biological Systems, TRIANUM es un fungicida biológico que contiene una exclusiva cepa de un hongo beneficioso (*Trichoderma harzianum*), que puede utilizarse tanto en agricultura convencional como en producción ecológica. Este hongo desarrolla por sí solo una doble acción muy beneficiosa para todo tipo de cultivos, ya que protege las raíces del ataque de hongos patógenos y al mismo tiempo recupera la biodiversidad natural de los suelos. A diferencia de otras cepas comerciales, TRIANUM tiene el mayor rango de temperatura en suelo por permanecer activa entre los 8 y los 30 grados. Es en ese intervalo cuando germinan sus esporas y este hongo beneficioso despliega toda su acción protectora frente a patógenos.

Una de las características que mejor definen a la exclusiva cepa que contiene TRIANUM es que su agresividad natural hace que en un tiempo récord colonice el sistema radicular de la planta protegiendo las raíces y destruyendo a los patógenos al mismo tiempo que la cepa se expande, aumentando y prolongando en el tiempo los beneficios de este



El secreto del éxito de TRIANUM es un hongo beneficioso apto para todo tipo de suelos



Boaz Oosthoek, director de Koppert en España, observa junto a Roberto Alonso Zamarrón, distribuidor en Valladolid, la aplicación de TRIANUM en un cultivo de puerro

‘Bichos’ buenos

Desde hace años, Koppert Biological Systems lidera en el mundo la producción y comercialización de insectos beneficiosos que controlan las plagas en los cultivos hortícolas protegidos. Gracias a estos ‘bichos’ buenos, como los conocen los agricultores, las frutas y hortalizas producidas en invernadero duran

te todo el año ya no son tratadas con agresivos plaguicidas. Estos insectos beneficiosos fueron los protagonistas de la expansión del control biológico de plagas y el verdadero precedente de la ‘revolución verde’ que llega ahora a los cultivos al aire libre a través de los microorganismos beneficiosos.

hongo que es un eficaz fungicida y un valioso protector biológico de las plantas. TRIANUM ofrece, además de su elevada eficacia contra las enfermedades del suelo, una alta

compatibilidad con la mayoría de fitosanitarios que se utilizan habitualmente en la agricultura y permite, incluso, las mezclas en tanque. Puede aplicarse directamente durante la

siembra (granulado) o como polvo soluble durante el riego.

Koppert comenzó hace tres años la comercialización de TRIANUM en los invernaderos de frutas y hortalizas de Almería, Granada y Murcia. Tras los excelentes resultados obtenidos, este hongo beneficioso se expande ahora por cultivos al aire libre de toda España. Lechuga, cebolla, olivar, puerro, zanahoria, viñedo y berries, entre otros cultivos, ya se han introducido en la ‘revolución verde’ que impulsa TRIANUM.

Aplicación en viveros

Los beneficios de TRIANUM no solo están marcando la diferencia en finca. La experiencia de Koppert también ha confirmado los importantes beneficios de aplicar TRIANUM en vivero para inocular las defensas naturales antes de que el cultivo se trasplante en la finca donde crecerá hasta dar fruto. Con la aplicación en vivero se garantiza la máxima protección contra los hongos patógenos del suelo de forma completamente natural.

En toda España, viveros de fresa y de plantas ornamentales ya están incorporando TRIANUM a sus protocolos de sanidad vegetal. Proteger de forma natural a la planta desde sus primeras fases de desarrollo beneficia sustancialmente a la calidad de las raíces. “Hemos comprobado que una planta joven que sale del vivero con raíces sanas es una planta que soporta mejor el transporte a larga distancia y que será más resistente a las enfermedades hasta el final de su ciclo de vida”, según Javier Villegas, delegado comercial de Koppert en la zona centro de España.

Debido a que la planta se desarrolla antes, los viveros pueden adelantar en varios días la fecha de entrega y aumentar la rotación de producto. Además, durante el ciclo de estancia de la planta en vivero se hacen menos tratamientos que cuando se utilizaban productos químicos, y en consecuencia se ahorra en agua y en mano de obra.

ENTREVISTA **Rafael Rodríguez Daga** Investigador principal

“Trabajamos con organismos simples para estudiar problemas complejos”

El Doctor Rafael Rodríguez Daga es profesor de Genética Molecular de la Universidad Pablo de Olavide (UPO) de Sevilla e Investigador Principal del Grupo de Arquitectura y Dinámica Nuclear en el Centro Andaluz de Biología del Desarrollo (UPO-CSIC-JA), donde estudian la función de distintos componentes celulares relevantes para enfermedades humanas. Profesor, investigador y divulgador, hablamos con él para conocer su trabajo.

¿En qué estáis trabajando?

Estudiamos la función de la envuelta nuclear y los poros en la organización espacial y funcionamiento del ADN, y otros procesos nucleares. La envuelta nuclear es la membrana que ancla, estructura y protege al genoma. Los poros, son “las puertas” por las que se intercambian componentes e información entre el núcleo y el resto de la célula. Nuestro grupo ha descubierto recientemente que los poros nucleares son importantes para el correcto funcionamiento del proteosoma, un dispositivo celular encargado del reciclado de las proteínas que ya no son necesarias para la célula, o que se han estropeado o envejecido. Por otro lado, estamos estudiando la respuesta de las células ante situaciones de estrés mecánico. Las levaduras, como muchas de las células de nuestro cuerpo, están constantemente sometidas a estrés mecánico. Sin embargo aun se desconoce como las células protegen sus estructuras y mantienen la supervivencia ante estas situaciones.

¿Y por qué con levaduras?

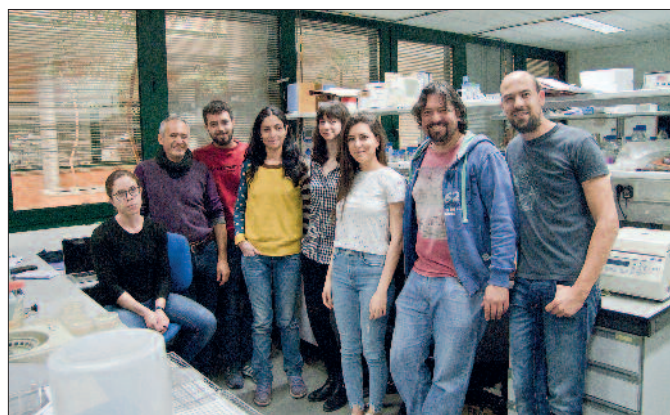
Trabajamos con organismos relativamente simples, como son las levaduras, para estudiar problemas complejos. Compa-

rada con una célula humana, una levadura es muchísimo más simple pero muchos de sus componentes y procesos celulares básicos son idénticos a los de nuestras propias células. Trabajar con levaduras tiene la gran ventaja de que se pueden manipular genéticamente, de manera que podemos generar mutantes y alterar la función de sus genes de forma fácil y rápida.

¿Te sorprende si te digo que no he entendido demasiado de lo que has dicho?

Imagínate una catedral. Y ahora imagina que, para comprobar la importancia que tiene cada componente de su estructura, le quitamos una columna, un contrafuerte, y así con cada uno de sus componentes individuales o combinación de ellos. Luego comprobamos cómo afecta esto a la estructura y funcionalidad del edificio y cómo reacciona éste a condiciones extremas. Eso es lo que hacemos con las células. Una diferencia importante es que las células, a diferencia de una catedral, renuevan sus componentes constantemente, y por tanto su arquitectura es dinámica.

¿Cómo se traslada fuera del laboratorio?



De Izda a dcha Paola Gallardo (estudiante de doctorado), Rafael R. Daga (Investigador Principal), Gabriel Ruiz (estudiante de doctorado), Silvia Salas-Pino (profesora UPO), Ana Sanchez (Esdudiante de Master), María Expósito (Estudiante de Master), Ignacio Flor-Parra (profesor UPO), Victor M. Carranco (Técnico/lab manager).

Por lo general los genes y procesos que estudiamos son relevantes para entender el origen de enfermedades humanas. Por ejemplo, la desregulación del proteosoma está asociada al cáncer y a enfermedades neurodegenerativas. Entender su ensamblaje, que es lo que hacemos nosotros, podría ser importante para el desarrollo futuro de fármacos que modulen su actividad.

¿Son algunas de las principales enfermedades?

Estos son efectivamente algunos de los problemas más importantes en términos de salud en una sociedad cada vez más longeva. Nosotros no hacemos investigación directamente aplicada a la cura de enfermedades, sino que trabajamos para entender los componentes genéticos relacionados con éstas para que otros puedan usar esta información como punto de partida en estudios más aplicados al desarrollo de nuevos fármacos.

La investigación es uno de los campos que más ha sufrido la crisis...

Sí, es innegable. Y la verdad es que seguir aquí ya es un éxito. El número de proyectos concedidos ha caído dramáticamente en los últimos años. En la Universidad no sólo investigamos, sino que una parte importante de nuestro tiempo lo dedicamos a la docencia, esto hace aún más complicado mantener un alto nivel competitivo en investigación. La limitación de recursos destinados a investigación en estos últimos años ha empobrecido el ambiente investigador universitario, y esto requiere una reflexión responsable. La apuesta de mi universidad por apoyar la investigación ha sido vital para mi grupo durante estos años.

Doctor en Genética por la Universidad de Málaga, postdoctorados en la Universidad de Salamanca/CSIC, en la Columbia University y en la Rockefeller University de Nueva York, charlas y conferencias por medio mundo... ¿Supongo que tu currículum habrá ayudado!

Mi experiencia ha ayudado por supuesto, pero cuando hablamos de investigación hablamos de equipos o grupos de investigación, y el mío es extremadamente vocacional y cualificado. En este sentido quiero destacar la excelente cantera de futuros científicos que se forman en nuestra universidad. Los alum-

nos son la base de nuestros equipos de investigación y esto es el resultado de nuestra apuesta por una docencia de calidad íntimamente ligada a la investigación. Nuestros estudiantes con más talento ya desde el grado y durante el postgrado disponen de ayudas para ampliar su formación práctica mediante su participación en proyectos de investigación reales en nuestros laboratorios. Con los años muchos de estos estudiantes terminan convirtiéndose en piezas clave de nuestros equipos de investigación y en artífices de nuestros logros.

Tú animas a tus estudiantes a entrar en este mundo...

Por supuesto, aunque la ciencia no es un camino de rosas, animo a los realmente vocacionales.

Pero en general, a los alumnos que llegan a mis clases no hay que motivarlos mucho, ya vienen decididos. Yo solo les despierto aun más su curiosidad, contribuyo a su formación, y a algunos, les doy la posibilidad de iniciarse en la investigación realizando un doctorado en mi laboratorio.

¿Qué te depara el futuro?

El futuro es esperanzador, aunque necesitamos una apuesta importante en inversión pública en I+D+I, y que se acabe de una vez con la discontinuidad y retrasos en la concesión de proyectos de investigación.

Como me gustaría... Me gustaría que nuestros políticos responsables y la sociedad en general, entendiera el papel que tiene la investigación de hoy en el desarrollo y el bienestar de nuestras futuras generaciones.

Por mi parte, me gustaría seguir compaginando mi actividad docente con una investigación de calidad, y a través de nuestras publicaciones científicas, seguir contribuyendo a conocer mejor la complejidad los procesos celulares que son clave para la vida.



R. Daga Lob
NUCLEAR ARCHITECTURE AND DYNAMICS



Centro Andaluz de Biología del Desarrollo CABD (UPO/CSIC/JA) / Universidad Pablo de Olavide de Sevilla

ENTREVISTA Ricardo Fernández Escobar Director del Grupo de Investigación Arboricultura de la Universidad de Córdoba

“Somos referentes mundiales en la nutrición del olivar”

Nacido en tierra de olivos, el Grupo de Investigación Arboricultura de la Universidad de Córdoba tiene como uno de sus principales objetos de estudio esta milenaria especie, sobre la que se ha convertido en un referente mundial. Profesionales de 24 países participan en su prestigioso máster, en el que la investigación desempeña un papel fundamental.

¿Cuál es el origen de este grupo de investigación?

El grupo surge originalmente en 1995, aunque su creación oficial viene del plan andaluz de investigación. Lo formamos investigadores de la Universidad de Córdoba, del CSIC y del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA). Trabajamos muy particularmente con el olivar, por la importancia que tiene en Andalucía y en España, y por la proyección que tenemos en el mundo: buena parte de la producción científica mundial del olivo se centra en Córdoba, Sevilla y Jaén. También hemos trabajado con otras especies, como el melocotonero en el valle del Guadalquivir; las dehesas de encinas con tratamientos fitosanitarios y tenemos bastante actividad con especies de frutos secos como almendros y pistachos.

¿Cuáles son sus principales líneas de investigación?

Al principio trabajábamos mucho sobre la fisiología de la fructificación en el olivo porque, a pesar



Grupo Arboricultura

de ser una especie milenaria, no conocíamos mucho su fisiología, y cómo fructificaba. Ahora nos centramos más en la nutrición del olivar, con el objetivo de establecer reglas para la fertilización del cultivo de una forma sostenible. Una de las últimas líneas que hemos incluido trata sobre el cultivo del olivo bajo condiciones de estrés. Entre ellos, hemos estudiado su cultivo con aguas salinas y, recientemente, el efecto del calentamiento global en la fenología del olivo. Los modelos climáticos ayudan mucho, pero queríamos ver qué pasaría en realidad en esta zona, una de las más vulnerables, si cultivamos olivos sometidos a temperaturas cuatro grados superiores a las normales durante todo el año. Hemos diseñado unas cámaras a cielo abierto que logran mantener el árbol a cuatro grados más que el resto en cada momento del año. Llevamos cuatro años y estamos haciendo descubrimientos que afectan negativamente a la producción, pero la cuestión es prepararnos para cuando eso llegue. En particular, sería interesante conocer las variedades que mejor se adaptarían a esas condiciones venideras, lo que sería fácil utilizando estas cámaras. Otra línea sigue el desarrollo de un sistema de inyecciones a los árboles que desarro-

llamos antes de formar el grupo y que mereció una Medalla de Plata en el 16º Salon International des Inventions et des Techniques Nouvelles, Ginebra, Suiza. Se creó una pequeña empresa privada que las explota e incluso ha hecho algunas patentes posteriores, y seguimos colaborando con ellos porque está dando unos resultados bastante interesantes.

¿Cuáles han sido sus desarrollos más importantes?

Hoy somos referentes mundiales en la nutrición del olivar; hemos detectado sus problemas nutritivos y hemos desarrollado una serie de experimentos para corregirlos y diagnosticarlos, y todo eso está recogido en capítulos de libros para el manejo de técnicos y agricultores. Cuando empezamos, no había laboratorios de análisis para el diagnóstico del estado nutritivo del olivar. Después de mucha labor de transferencia, ahora hay muchos laboratorios públicos y privados que analizan las hojas del olivo y de otras especies, para conocer su estado nutritivo y decidir el plan de abonado para el año siguiente. Se ha pasado de hacer las cosas a ojo a que toda la tecnología esté dispuesta para evitar problemas como la contaminación que produce el ex-

ceso de abonado a la vez que satisfacen las necesidades nutritivas de los árboles.

¿Y qué avances han logrado con otras especies?

Los estudios sobre los frutos secos, liderados por los miembros del grupo del IFAPA, han proporcionado una información muy valiosa. Cuando llegué a la Universidad había muchos almendros en el valle del Guadalquivir, y hubo un momento en que tuvieron que arrancarlos porque no eran productivos, no se conocían bien las variedades ni los problemas técnicos de producción. Hoy, gracias a estas investigaciones, están proliferando las plantaciones de almendros de una manera bárbara. Otro avance lo hemos logrado con las inyecciones, porque hay un problema en los árboles frutales y ornamentales en el Mediterráneo, y es que en el suelo de origen calizo suele haber problemas de hierro, que son difíciles y costosos de tratar. Nuestro primer proyecto consistió en aplicar el hierro vía inyección en el tronco, y logramos un efecto mucho más duradero que los tratamientos habituales. También descubrimos la fórmula para, mediante inyecciones, acabar con el hongo que ataca a las

encinas, pero desgraciadamente no se está usando porque registrar el producto para el tratamiento, que es una sal inorgánica que la hace cualquiera en la cocina de su casa, requiere tratarlo como un fungicida, y eso puede costar varios años y más de dos o tres millones de euros. No hay ninguna compañía química dispuesta a registrar un producto que es una sal similar a la que echamos a la comida. Espero, por el bien de las dehesas y de quienes viven de ellas, que esto se solucione por parte de la administración.

¿Qué acciones hacen en materia de formación?

Tenemos un máster internacional de dos años desde 1995, cuando no existían los másteres oficiales en España, por lo que lo diseñamos inspirado en el modelo americano. Entendimos que había una necesidad de formar profesionales a alto nivel en la olivicultura. En Córdoba, Sevilla y Jaén se concentran las mayores producciones científicas en esta materia, y de ahí proviene la mayoría del profesorado. Logramos reunir a instituciones como el CSIC, el INIA, la Consejería de Agricultura y dos organismos internacionales: el Consejo Oleícola Internacional, con sede en Madrid, y el Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos (CIHEAM), con sede en París, para organizar los estudios de máster. Durante el primer año se imparten clases con muchas prácticas y el segundo se dedica fundamentalmente a investigación. Tenemos 24 profesores tanto de estas instituciones como de empresas privadas, y también invitamos a dar clases a expertos en diversas áreas. Tenemos alumnos de 24 países, los más potentes en la olivicultura mundial. Lo valoran mucho, tanto por lo que aprenden como por lo útil que les resulta después en su trabajo. También hay muchos técnicos que están trabajando y no pueden hacer el máster, por lo que lo hemos organizado en módulos semanales para que puedan inscribirse a los que quieran. De esta forma, pueden reciclarse y obtener el título de experto en olivicultura o el de elaiotecnía.



Cámaras a cielo abierto para los estudios del calentamiento global



Ensayo de variedades de almendro en Córdoba

ENTREVISTA Antonio Romerosa Investigador responsable del grupo Química de Coordinación, Organometálica y Fotoquímica de la Universidad de Almería

“Estamos contribuyendo al desarrollo de fármacos con propiedades anticancerígenas”

Desde que se constituyó en 2000, el grupo de investigación Química de Coordinación, Organometálica y Fotoquímica ha desarrollado su actividad desde la Universidad de Almería (UAL), en colaboración con otras universidades e instituciones de todo el mundo. Su objeto de estudio abarca desde compuestos anticancerígenos hasta la obtención de electricidad en células solares químicas pasando por nuevos catalizadores y materiales.

¿Cómo surgió la idea de crear este grupo de investigación?

Queríamos contar con una plataforma que nos permitiera desarrollar nuestra labor investigadora y fuera el compendio de la experiencia de sus miembros. Nació en la UAL inicialmente con investigadores de la U. de La Laguna y la sección del DLR Alemán en la Plataforma Solar de Almería (PSA), posteriormente se incorporaron investigadores de la U. de Cádiz. Hemos conformado un grupo multidisciplinar con intereses en líneas de investigación en apariencia diferentes, aunque transversalmente se complementan entre sí. La línea motora central se centra en obtener nuevos compuestos de coordinación y organometálicos solubles en agua, que pueden tener muy diversas aplicaciones: actividad frente a biomoléculas como el ADN, sensores de explosivos, actividad catalítica por ejemplo en polimerización, como fotocatalizadores en procesos de síntesis fotoquímicas, células fotovoltaicas solares, producción solar de hidrógeno...

¿Cómo llega el resultado de sus investigaciones a la sociedad?

El grupo colabora con la industria local y nacional a través de los laboratorios de los que es responsable, como el Lidir que es un centro periférico de la UAL, lo que se traduce en proyectos y contratos de investigación. Puedo destacar el proyecto ejecutado con la empresa Expal, dirigido a la desmilitarización de armas que contienen fósforo blanco, el principal componente del WP y armas fumígenas. Esa munición tiene que ser eliminada de forma segura, y el grupo desarrolló un nuevo método que usa el sol para transformar el principal componente (fósforo blanco) en un producto mucho más seguro y reutilizable en procesos civiles. Otro

ejemplo, debido a nuestro interés en el uso de compuestos metálicos con propiedades fotoquímicas, fue cuando nos invitaron a participar en la creación del Centro de Investigaciones Energéticas Solares (CIESOL) con el laboratorio de Química Sostenible. Se trata de un centro mixto de la UAL y la PSA dedicado al uso y aplicación de la energía solar. Y también participamos en aquellas líneas de otros grupos a los que podamos aportar nuestra experiencia, tan diversos como los de estudios fenicios, agricultura y piedra natural. También debo destacar que el grupo es responsable de la red de grupos Redesma, que engloba por el momento a más de 12 grupos de toda España dedicados al estudio de la química de los compuestos metálicos en agua y, sus propiedades y aplicaciones, que entre otros objetivos busca nuevos procesos químicos no contaminantes en agua y disolventes de bajo impacto ambiental.

¿Cuántas personas forman el grupo y con qué instalaciones cuentan?

En la actualidad somos 12 entre profesores titulares de universidad, profesores contratados, investigadores contratados y becarios predoctorales, conmi-



go como catedrático de química inorgánica. Pero el número es variable en función de los proyectos y becarios. Tenemos instalaciones propias repartidas entre los laboratorios del Área de Química Inorgánica de la UAL, el laboratorio de Química Sostenible y el laboratorio Lidir, así como en la U. de La Laguna y Cádiz. Además, tenemos libre acceso a todas las instalaciones de los servicios de apoyo a la investigación de la UAL.

¿Cuáles son sus principales líneas de investigación?

Tenemos una línea para el desarrollo de nuevos compuestos organometálicos solubles en agua que sean catalizadores activos en procesos sintéticos de alta relevancia social e industrial, como la obtención de plásticos a través de procesos de polimerización, lo que mejora su eficiencia y

sostenibilidad. Otra línea es la de compuestos de coordinación biológicamente activos, que puede ayudar al desarrollo de nuevos fármacos anticancerígenos y cuyo objetivo final es obtener tratamientos médicos más eficientes y con menos efectos secundarios. Una tercera línea se centra en el diseño y preparación de nuevos materiales moleculares basados en compuestos de coordinación con propiedades novedosas como por ejemplo que sean sensores de explosivos. De entre ellos destacan los compuestos polimetálicos que aúnan las propiedades de diversos metales y de compuestos orgánicos, con propiedades como la conductividad, magnetismo, propiedades dieléctricas, pero con un grado de intensidad modulable. La cuarta línea persigue obtener nuevos procesos sintéticos catalizados que se activen mediante radiación solar y permitan producir, por ejemplo, hidrógeno a partir de agua mediante radiación solar, electricidad mediante nuevos colorantes para células solares fotovoltaicas químicas, etc. Una quinta línea busca apoyar a las empresas de la piedra natural, particularmente de la Comarca del mármol de Macael en Almería.

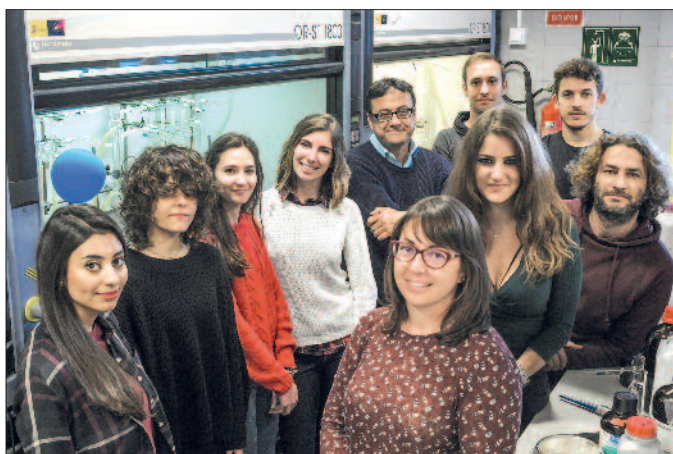
¿Cuáles han sido sus proyectos de investigación más relevantes?

Hemos participado en más de treinta proyectos nacionales e internacionales, dedicados a inves-

tigaciones básicas, de cooperación internacional de ayuda a países emergentes y en colaboración con empresas. Actualmente participamos en la organización de la sesión S8 de la Bienal de Química que se celebra en mayo en San Sebastián. Hemos publicado más de 200 artículos de investigación internacionales, y hemos participado en más de 300 congresos internacionales y nacionales, con más de 45 conferencias plenarias e invitadas.

¿Cuáles son sus próximos objetivos?

Que los nuevos compuestos excepcionalmente activos contra el cáncer que hemos descubierto recientemente puedan finalmente ser usados como fármacos en medicina, obtener nuevos sensores de explosivos mediante compuestos heterometálicos, ampliar los estudios en catálisis en agua con objeto de poder transferirlos a la industria, mejorar los procesos de producción de hidrógeno en agua y mejorar los colorantes desarrollados hasta el momento para la obtención de electricidad en células solares químicas.



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA



www.ual.es

ENTREVISTA Prof. Elisa González Romero Coordinadora de Electroanálisis y (Bio)sensores

“Nuestro trabajo se orienta a transferir conocimiento a la sociedad”

El grupo de investigación Electroanálisis y (Bio)sensores surge en el año 1991, cuando su actual responsable, la Profesora Elisa González Romero, se incorpora al Departamento de Química Analítica y Alimentaria de la Universidad de Vigo. Hemos hablado con ella.

¿Con qué objetivo se creó el grupo?

Nuestra actividad ha estado centrada en abrir nuevas fronteras científicas en el conocimiento metrológico de la composición química de la materia o muestras. Lo que hacemos es desarrollar métodos, optimizarlos y aplicarlos a la medida analítica para obtener información de calidad al identificar, global o parcialmente, su composición y al determinar la cantidad en la que una sustancia está presente en la muestra analizada, con objeto de resolver problemas analíticos en campos como el medioambiental, el alimentario, el fármaco-médico o el clínico.

¿Cuál es su estructura actual?

El equipo de trabajo ha sido siempre bastante multidisciplinar y no muy numeroso. Generalmente, nos hemos nutrido de estudiantes e investigadores de la Universidad de Vigo, pero cada vez es más frecuente la incorporación temporal de estudiantes e investigadores de otras universidades, nacionales y extranjera, que solicitan trabajar con nosotros a través de programas de movilidad o financiados por sus gobiernos.

A nivel de medios, el laboratorio está dotado de la infraestructura científico-técnica y el equipamiento analítico necesarios para desarrollar la investigación en curso, en el

área del electroanálisis y de los (bio)sensores, como el recientemente adquirido SPELEC (Metrohm-Dropsens) para realizar medidas espectro-electroquímicas. Además, tenemos acceso a otra instrumentación del Departamento de Química Analítica y Alimentaria y a las técnicas disponibles en los Servicios Científico Técnicos de la Universidad de Vigo (Centro de Apoyo Científico y Tecnológico a la Investigación, CACTI) y de los grupos colaboradores.

¿Cuáles son sus principales líneas de investigación?

El trabajo de investigación que se ha estado desarrollando ha consistido en aplicar la metodología analítica para resolver problemas en esos sectores que le comentaba. Hemos sido pioneros en aplicar con éxito la metodología electroanalítica a estudios cinéticos de iones arenodiazonio (compuestos cancerígenos) y estudiar su reactividad química en presencia de ciclodextrinas (componentes en preparados farmacéuticos), antioxidantes y aminoácidos (compuestos que pueden estar presentes en alimentos), tanto en medios acuosos e hidroalcohólicos como en emulsiones. En cuanto a la puesta a punto de nuevas metodologías de análisis, se está aplicando el conocimiento adquirido en el diseño y construcción de nuevos transductores. En definitiva, lo que hacemos es utilizar las técnicas electroanalíticas y diseñar plataformas sensoras específicas para un componente o selectivas para un grupo muy reducido de ellos.

¿En qué trabajan actualmente?

En estos momentos, la investigación está dirigida hacia los microcontaminantes emergentes, ensayando en primer lugar a los productos farmacéuticos, que representan una gran amenaza para la vida silvestre (acuática y terrestre) y también para los humanos, pues los fármacos nos llegan de vuelta (y sin prescripción médica) a través de la cadena alimenticia y de los suministros de agua potable. Para resolver este problema, estamos



Investigadoras del equipo (de izda. a drcha.): M Ángeles Sanromán, Ana Prado, Sara Caruncho, Marta Pazos, Verónica Poza, María Arellano y Elisa González.

desarrollando métodos de detección para identificar aquellos medicamentos específicos por debajo de 50 ng/L e implementando técnicas de tratamiento de oxidación avanzadas para eliminar los residuos farmacéuticos en aguas de diferente procedencia. Este trabajo forma parte del Proyecto CTM2017-87326-R, financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, que coordina Ángeles Sanromán y contamos con un gran equipo de profesionales, muy entusiastas, que viven lo que hacen; sin ellos, esto no sería posible.

Que no es el único en el que han participado...

En estos años hemos tenido vinculación a una cincuentena de Proyectos de Investigación e Infraestructuras, tanto con financiación procedente de Estados Unidos y de la Unión Europea, como del Plan Nacional, de la Xunta de Galicia y la Universidad de Vigo. La divulgación de los resultados obtenidos en esos trabajos, o pruebas de concepto, hacia la comunidad científica se lleva a cabo a través de la publicación en revistas internacionales (más de 80 artículos en publicaciones de alto impacto) y de la presentación en eventos y congresos de renombre. Por otra parte, el carácter aplicado de nuestra investigación ha dado lugar a una patente internacional en la que ha mostrado interés la empresa de base tecnológica Metrohm-Dropsens. Todo nuestro trabajo está dirigido a la transfe-

rencia del conocimiento, no solo al sector empresarial y a las instituciones públicas, sino sobre todo a la sociedad.

¿Existe relación con el mundo de la empresa?

Hemos participado en el diseño de dos productos que aparecieron en el mercado en 2011 a raíz de la colaboración continuada, desde el 2007, con Metrohm-Dropsens, una spin-off de la Universidad de Oviedo. Se trata de una empresa líder en España en sensores miniaturizados e instrumentación electroquímica portátil que ha recibido numerosos premios. También hemos suscrito convenios con otras empresas como Frinova (actualmente Grupo Nueva Pescanova), Aguas de Galicia y el Consorcio Do Louro, dentro de las actividades de la Red Bioauga, o con firmas como Tecnalia, Iolitec, Solvionic y Merck o Flamac, a través de la Red Gallega de Líquidos Iónicos.

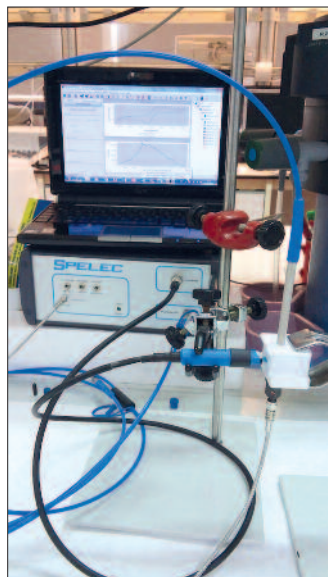
Y todo ello sin olvidar la docencia...

Los profesores de Universidad tienen otra faceta, no menos importante que la investigadora: la responsabilidad de formar personal especializado para que puedan llevar a cabo un buen desempeño de sus funciones. En este sentido, la labor formativa de estudiantes en el seno del grupo ha sido muy amplia, con la dirección de más de 30 trabajos de investigación avanzados, 5 Tesis Doctorales defendidas y otra

en fase de realización. Para nosotros es una satisfacción destacar que todos los alumnos que han pasado por nuestro laboratorio se encuentran insertados en el mundo laboral y, algunos de ellos, ocupando puestos de gran responsabilidad en empresas y centros docentes.

¿Cuáles son los planes de futuro del grupo?

En primer lugar, llevar a buen puerto las investigaciones en curso, mantener las excepcionales colaboraciones que tenemos y seguir formando personal competitivo para que sean una buena cantera laboral, presente y futura. A medio plazo queremos diseñar un sensor capaz de detectar, de forma directa y de manera simultánea, varios compuestos en presencia de otros componentes de la muestra y en concentraciones muy bajas, (a nivel micro y nano) que requiera muy poco volumen de la muestra y que sea portátil, de rápida respuesta para obtener información en tiempo real y robusto. Finalmente, seguir avanzando en el desarrollo de nuevas metodologías de análisis que den información de calidad para resolver los problemas que demande la sociedad



ENTREVISTA Prof. Juan Jiménez Director del Grupo de Semiconductores Optronlab. Universidad de Valladolid

“Las nanoestructuras semiconductoras permiten idear componentes nuevos, con nuevas funcionalidades

El grupo de investigación “Semiconductores Optronlab-Uva” se funda a principios de los años 90, aunque sus antecedentes se remontan a principios de los 80, cuando su director, el Prof. Juan Jiménez, se incorpora a la Universidad de Valladolid tras una larga estancia en la Universidad de Montpellier. Su labor investigadora, centrada en materiales semiconductores, es fundamental para el desarrollo y la mejora de dispositivos electrónicos y optoelectrónicos.

En términos generales, ¿Cuál es el campo de trabajo del Grupo GdS Optronlab?

En los años 80, empieza a aflorar el interés por el estudio de las propiedades eléctricas y ópticas de los semiconductores a escala local, en dimensiones micrométricas. A partir de esos años, la actividad se dirige a compaginar las técnicas eléctricas y ópticas, utilizadas hasta entonces a escala macroscópica, con la microscopía óptica, donde se alcanzan resoluciones espaciales en torno a la micra. Podemos decir que la seña de identidad del grupo ha sido el análisis de semiconductores en distintas formas, combinando técnicas de medida ópticas y eléctricas con sondas de dimensión micrométrica y submicrométrica.

¿Por qué es importante el desarrollo de conocimiento en este campo?

El conocimiento de las propiedades locales de los semiconductores es esencial cuando se miniaturizan los dispositivos electrónicos y optoelectrónicos. Un apartado principal de esta tarea es el análisis de los defectos existentes en los semiconductores. La presencia de defectos constituye un serio problema que afecta tanto al rendimiento como a la fiabilidad de estos componentes. Por ejemplo, hemos trabajado en la fiabilidad de láseres de diodo de alta potencia durante años. Además, el desafío de la alta resolución está muy presente cuando se entra en el dominio de las estructuras de tamaño reducido en el rango de los nanómetros (nanopartículas, nanohilos, nanocolumnas...)

¿En qué avances han trabajado, relacionados con el análisis de

materiales para instalaciones fotovoltaicas?

En lo que se refiere a materiales fotovoltaicos, el trabajo se ha centrado en el análisis del Si multicristalino. En concreto, en el desarrollo de técnicas de observación de las zonas de las células que suponen una reducción en su rendimiento potencial. Para ello, se han hecho una serie de desarrollos instrumentales: cartografía de corrientes inducidas por haces de luz (Light Beam Induced Current-LBIC); imagen de células solares por fotoluminiscencia y electroluminiscencia (PLi y ELi); imagen de módulos solares por fotoluminiscencia y electroluminiscencia diurnas con contacto (DLPLi y DLELi) y sin contacto PSE (Photovoltaic Self-Electroluminescence). Algunos de estos desarrollos se han patentado y otros están en proceso de patente.

¿Qué aplicaciones encuentran sus avances en ese campo?

Los desarrollos realizados permiten entender mejor el impacto de los defectos en el rendimiento de las células fotovoltaicas. Además, proporcionan una herramienta muy valiosa para la inspección de células, paneles solares y plantas solares. En concreto, las técnicas de imagen de módulos solares por fotoluminiscencia y electroluminiscencia diurnas con contacto (DLPLi y DLELi) y sin contacto PSE (Photovoltaic Self-Electroluminescence) son herramientas muy útiles para la inspección y mantenimiento de las plantas solares.

Trabajan en el estudio de semiconductores a escala micro y nano...

El trabajo a escala microscó-



De izq a derch: J.L. Pura, J. Souto, M.A. González, M. Jiménez, J. Jiménez, A. Torres, C. Prieto, A. Moretón

pica y nanoscópica es una de nuestras actividades fundamentales, nuestra filosofía de trabajo se centra en la combinación de técnicas ópticas y eléctricas convencionales combinadas con herramientas de microscopía, tanto óptica como electrónica.

¿Cómo ha evolucionado la física de nanoestructuras hasta hoy? ¿En qué punto estamos?

La física de nanoestructuras semiconductoras ha evolucionado muy rápido en los últimos años. De hecho, se han fabricado un gran número de nuevos dispositivos electrónicos y optoelectrónicos a escala de laboratorio.

Por otra parte, el interés también radica en el hecho de que con las nanoestructuras entramos en un mundo físico nuevo, en el que las propiedades físicas de la materia no son iguales que las que conocemos a escala macroscópica. Un ejemplo muy ilustrativo es el comportamiento mecánico. Por ejemplo, una oblea de Si convencional de unas 100 micras de espesor es quebradiza, mientras que una oblea de 10 nm de espesor es completamente elástica y se puede incluso doblar. Las propiedades ópticas, eléctricas, térmicas... son también muy diferentes. Por consiguiente, las nanoestructuras semiconductoras en particular, permiten idear componentes nuevos, con nuevas funcionalidades.

¿Qué papel van a desempeñar los láseres de diodo?

Los láseres de diodo son una realidad que inunda nuestras vidas, desde las telecomunicaciones, el entretenimiento, los sistemas de seguridad, la medicina (cirugía, tratamientos...), las impresoras, la industria de precisión, la industria cosmética...

Hablan de nanoestructuras... ¿Cuál es el reto en la miniaturización de los semiconductores?

La miniaturización ya se hace, el reto es manipular y ordenar esas nanoestructuras para escalar la producción de nanodispositivos. Las posibilidades son inmensas.

¿En qué proyectos están inmersos actualmente?

Actualmente, estamos trabajando en el desarrollo de sistemas de inspección de módulos fotovoltaicos. En el estudio de la interacción entre la luz y las nanoestructuras semiconductoras, en concreto los nanohilos, que son estructuras alargadas con diámetros entre 10 y 100 nanómetros. Por último, seguimos profundizando en el desarrollo de modelos que permitan entender el proceso de degradación de los láseres de diodo de alta potencia.

¿En qué áreas de investigación se van a centrar de cara al futuro?

Tenemos compromisos con el sector fotovoltaico, pero además

pretendemos continuar con el estudio de las propiedades de las nanoestructuras de semiconductores, así como el estudio de nuevos semiconductores, como los óxidos metálicos, y los efectos del procesamiento de semiconductores sobre sus propiedades de cara a la fabricación de dispositivos,

Por otra parte, el grupo está muy abierto a colaboraciones, tratando de poner en valor el equipamiento del que dispone, de forma que actualmente estamos trabajando con guías de onda fabricadas sobre fosforo de indio (Universidad de Rennes), propiedades ópticas de óxidos semiconductores de banda ancha (Universidad de Parma), láseres de diodo de emisión vertical (VCSEL) (3S Technologies), nanohilos heteroestructurados (Universidad Técnica de Viena, y Universidad de Grenoble), entre otras colaboraciones.

De cara al futuro ¿orientados a qué aportación de valor?

En la actualidad, estamos apostando por el sector de la energía fotovoltaica, y por las nanoestructuras para aplicaciones fotónicas.

Otro punto muy importante es la formación de jóvenes investigadores en estas temáticas, para que puedan incorporarse en el futuro a sectores fuertemente innovadores aportando valor a los mismos.

Proyecto Go Suber

La modernización del sector del corcho como reto



El proyecto, en marcha desde 2017, plantea mecanizar y revisar los sistemas de extracción, modernizando el descorche para que sea más productivo, así como mejorar las condiciones de seguridad y salud laboral en subercultura.

La ausencia de mecanización en los trabajos de extracción del corcho, o descorche, es uno de los principales problemas que arrastra la subercultura, esto es, la selvicultura aplicada a los alcornoques. El descorche sigue realizándose en el siglo XXI como hace más de doscientos años, de forma manual, con la ayuda del hacha y la palanca, lo que apunta hacia una necesaria modernización. Las condiciones en las que se realiza el descorche hacen poco atractiva esa profesión para las nuevas generaciones, debido a la temporalidad del trabajo, a la dificultad que entraña el manejo del hacha (requiere fuerza y habilidad), y a la peligrosidad del trabajo (en ocasiones implica subirse al árbol). Como consecuencia, la mano de obra especializada escasea y envejece, y además, trabaja con graves carencias de seguridad.

Mecanizar los sistemas de extracción

Creado en 2017, el Grupo Operativo Go Suber es un proyecto de innovación sobre la modernización del descorche para la mejora de la productividad, subvencionado en

Asociada a la mecanización, se pretende mejorar las condiciones de seguridad de los sacadores

el marco del Programa Nacional de Desarrollo Rural 2014-2020. “Integrado por entidades que incluyen a todo el sector, desde propietarios de alcornoques a institutos, asociaciones y centros de investigación, el Grupo ya ha

superado la primera fase de creación y actualmente está elaborando el proyecto de innovación”, explica Mariola Sánchez, Dra. Ingeniera de Montes y responsable del Laboratorio de Corcho del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), uno de los integrantes del proyecto.

El proyecto Go Suber contempla el desarrollo y ensayo en varios alcornoques de una nueva máquina para realizar los cortes en el alcornoque en sustitución del hacha, analizando su capacidad para extraer el corcho sin dañar a la capa generadora de corcho, y comparando su rendimiento y ergonomía con el sistema tradicional. El trabajo se amplía a otras herramientas que realizan operaciones auxiliares en la extracción. Estos avances se probarán en los tres territorios corcheros por excelencia en España: zonas productoras de Andalucía, Extremadura y Cataluña.

Al final, explica la responsable del Laboratorio de Corcho INIA, “el objetivo es introducir mecanización en un ámbito que no la tiene, superando los escollos de algunas máquinas desarrolladas hace cierto tiempo que no llegaron a cumplir las expectativas. Igualmente, pretende mejorar las condiciones de seguridad y salud en el trabajo de los sacadores y revisar los procedimientos de extracción, contemplando por ejemplo alargar el periodo de los trabajos aso-



Grupo Operativo Go Suber

El grupo operativo Go Suber lo integran como beneficiarios las siguientes entidades:

- **Trevinca Inversiones Medioambientales, S.L.**, empresa de ingeniería medioambiental, que coordina el proyecto.
 - **Coveless Ingeniería, S.L.**, empresa desarrolladora de soluciones de automatización para la industria.
 - **Confederación de Organizaciones de Selvicultores de España (COSE)**, asociación de titulares privados de montes comprometidos con la Gestión Forestal Sostenible.
 - **Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria (INIA)**, Organismo Público de Investigación (OPI) adscrito a la Secretaría de Coordinación de Política Científica del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. En concreto participa el Laboratorio de Corcho del Centro de Investigación Forestal (INIA-CIFOR).
 - **Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía (AMAYA)**, agencia pública empresarial, con la consideración de entidad instrumental al servicio de la Junta de Andalucía.
 - **Institut Català del Suro (ICSURO)** es una fundación sin ánimo de lucro con fines científicos que promueve el sector del corcho catalán mediante la investigación, la innovación y la comunicación.
 - **Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX)**, ente de derecho público con autonomía patrimonial, organizativa y funcional, de la Junta de Extremadura, adscrito a la Consejería de Economía e Infraestructuras. Está integrado, entre otros, por el Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal (ICMC).
 - **Jogosa Obras y Servicios, S.L.U. (JOGOSA)**, empresa privada que se dedica a la extracción de corcho y servicios de consultoría, entre otras actividades.
- Además, como subcontratados, participan también en el proyecto:
- **Asociación de Dehesas Ecológicas de la Provincia de Huelva (ADEHECO)**, asociación sin ánimo de lucro de titulares de explotaciones ecológicas.
 - **Forestal de Catalunya, SCCL (CSF)**, primera cooperativa forestal de Cataluña que ofrece servicios forestales. Es miembro fundador, entre otras, de la empresa Quality Suber, SL dedicada a la valorización del corcho de Cataluña.
 - **Asociación de Propietarios de Monte Alcornocal de Extremadura (APMAE)**, asociación de titulares privados de explotaciones forestales con el alcornoque como especie principal.
 - **Universidad de Córdoba (UCO)**. Departamento de Ingeniería Forestal. ETS Ingeniería Agronómica y de Montes.
 - **Fundación Conde del Valle de Salazar - ETSI Montes**, perteneciente a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Forestal y del Medio Natural, de la Universidad Politécnica de Madrid.

ciados al descorche, reducido ahora a la época estival. La segunda parte del proyecto, se centrará en mejorar la productividad de los alcornoques, procurando una mejora en la comercialización y valorización del corcho y los subproductos de la industria corchera”. Al final, añade: “el reto es establecer unas bases técnicas para una subercultura avan-

zada, que permita un desarrollo del sector corchero mirando al futuro, conservando los conocimientos tradicionales, en el marco de unos sistemas de seguridad y salud adaptados al siglo XXI, específicos para el trabajo en los alcornoques, y dando como resultado la obtención de materia prima en mayor cantidad y calidad de forma ordenada y sostenible”.

SUBER



Proyecto cofinanciado al 80% por el FEADER con un montante total de ayuda de 532.954,36 €.

www.inia.es

ENTREVISTA **Sergio Sanz** Director del Departamento de Programas de I+D. **Rubén García** Director del Área Smart Cities. **Miguel Ángel García** Responsable de Energía. Departamento de Estrategia y Desarrollo de Negocio. Centro Tecnológico CARTIF.

CARTIF, Centro tecnológico de referencia en procesos de regeneración de regiones y ciudades

CARTIF es un centro tecnológico horizontal, privado y sin ánimo de lucro, creado en 1994, que actualmente cuenta con tres sedes ubicadas en sendos edificios en el Parque Tecnológico de Boecillo, Valladolid. La siguiente entrevista nos acerca a su trabajo.

¿Con que misión-visión viene trabajando CARTIF?

S.S: Nuestra misión como centro es ofrecer soluciones innovadoras a las empresas para mejorar sus procesos, sistemas y productos, mejorando su competitividad y creando nuevas oportunidades de negocio.

Nuestra principal actividad en CARTIF es desarrollar proyectos de I+D+i financiados directamente por las empresas o a través de fondos públicos conseguidos en convocatorias competitivas de ámbito regional, nacional e internacional.

Además, en CARTIF también asesoramos a administraciones públicas en la planificación y desarrollo de proyectos innovadores con elevado retorno económico.

¿Cuántos investigadores la integran?

S.S: Actualmente somos 172 investigadores, 41 de ellos doctores. La plantilla está compuesta por un 51% de hombres y un 49% de mujeres.

¿En qué áreas de conocimiento son expertos?

R.G: En CARTIF trabajamos en 12 áreas de conocimiento, organizadas en tres divisiones tecnológicas. La primera es Sistemas industriales y digitales, que despliega su actividad en las áreas de conocimiento Sistemas industriales, Industria 4.0, Patrimonio natural y cultural, Infraestructuras y edificación y,



por último, Bienestar y Salud. En la división tecnológica de Energía, trabajamos en Políticas de Energía y Clima, Eficiencia Energética en edificios e Industria, Sistemas de Energía, Smart Grids y Smart Cities, área que dirijo. Finalmente, en Agroalimentación y procesos sostenibles nuestras áreas tecnológicas son Recursos naturales y clima, Economía circular, Biotecnología y Alimentación. Además, en CARTIF contamos con Laboratorios de Análisis y Ensayos, Digitalización 3D, Caracterización de Biomasa, Biotecnología Agroalimentaria y Nanotecnología de los materiales.

¿Sus investigaciones se orientan a empresas con capacidad limitada para desarrollar su propia I+D+i?

S.S: Aunque es cierto que uno de nuestros principales objetivos es contribuir al desarrollo de nuestro entorno económico y social, asesorando a empresas, principalmente pymes, para que puedan desarrollar

CARTIF participa muy activamente en proyectos internacionales, principalmente en los programas Horizonte 2020 y LIFE. Actualmente participa en 45 proyectos europeos, liderando 12 de ellos

proyectos de I+D+i, nuestra principal orientación es internacional.

CARTIF participa muy activamente en proyectos internacionales, principalmente en los programas Horizonte 2020 y LIFE. Esta actividad ha crecido exponencialmente durante estos últimos años y actualmente participamos en 45 proyectos europeos, liderando 12 de ellos en los programas H2020, LIFE, CYTED y POCTEP.

Mejoran sus productos, sus procesos... ¿Cómo les ayudan?

S.S: En primer lugar, mediante el despliegue de servicios

tecnológicos, que permitan la transferencia de tecnología, aumentando el nivel de madurez tecnológica de nuestros colaboradores. En segundo, lugar, realizamos un asesoramiento que les permita aumentar el nivel de innovación de las empresas y organizar mejor sus actividades de I+D+i. Finalmente, por nuestros conocimientos de todos los programas de financiación regional, nacional e internacional, mediante un soporte a la búsqueda de financiación para innovación, principalmente orientado a pymes que, debido a sus características, no disponen de un departamento es-

pecífico que dé soporte a esta actividad.

¿La tecnología aplicada a diferentes sectores es su herramienta?

S.S: Totalmente. CARTIF es un centro de investigación que cuenta con un equipo totalmente interdisciplinar y, como tal, uno de nuestros principales objetivos es generar conocimiento. Además, nuestra versatilidad nos permite aplicar ese conocimiento a lo que denominamos diferentes dominios de aplicación.

¿En qué tipo de proyectos están inmersos actualmente?

S.S y R.G: Actualmente contamos con un portfolio de más de 100 proyectos activos y una cartera de más de 125 clientes. Nuestro volumen de negocio en 2018 fue de unos 10 millones de euros.

Dentro del área de Smart Cities, nuestros principales proyectos a día de hoy son proyectos demostrativos de regeneración urbana. También trabajamos en proyectos de renaturalización de ciudades.

Actualmente somos la entidad europea que participa más activamente en la iniciativa Smart Cities más importante a nivel europeo, la iniciativa de proyectos faro en el horizonte 2020 de la Comisión europea. CARTIF participa en 5 de los 14 proyectos actualmente en ejecución, es decir, participamos en un proyecto de cada una de las 5 convocatorias resueltas a día de hoy. Además, lideramos 3 de ellos. El primero es REMOURBAN, en el que participan Valladolid (ES), Nottingham (UK) y Tepebasi (TR) como ciudades faro y Seraing (BG) y Miskolc (HU) como ciudades seguidoras.

El segundo de ellos es mySMARTLife con Nantes (FR), Hamburgo (DE) y Helsinki (FI) como ciudades faro y Bydgoszcz (PL), Rijeka (HR) y Palencia (ES) como seguidoras.

Finalmente, acabamos de arrancar Making-City con las ciudades de Groningen (NL) y Oulu (FI) como ciudades faro y León (ES), Bassano (IT), Kadi-koy (TR), Lublin (PL) y Vidin (BG) como seguidoras. Finalmente, lideramos un proyecto de renaturalización de ciudades, UrbanGreenUp, con Valladolid (ES), Liverpool (UK) e Izmir (TR) como ciudades líder y Chengdu (CN), QuyNhon (VN), Ludwigsburg (DE), Mantova (IT) y Medellín (CO) como seguidoras de los desarrollos.

En nuestros proyectos Smart Cities, trabajamos con más de 100 ciudades europeas a diferentes niveles, promoviendo una nueva visión integradora de modelo de ciudad hacia la sostenibilidad.

¿Qué desafíos se plantean en energía y medio ambiente?

R.G: Uno de los mayores problemas de la historia de la humanidad y al que nos enfrentamos actualmente es el cambio climático. Todos nuestros proyectos tratan de mejorar la sostenibilidad de nuestro entorno, tanto en las ciudades en las que vivimos como en nuestro entorno rural. El principal desafío es reducir drásticamente nuestra demanda energética y producir el máximo posible mediante energía limpia. Este reto implica un cambio de paradigma del sistema energético global y todos debemos estar alineados, desde el nivel político hasta el ciudadano individual. El concepto de colaboración PPPP (public-private-people-partnership) se hace esencial.

En el marco de la construcción e infraestructuras, ¿en qué consiste Remourban?

M.G: REMOURBAN es un proyecto faro coordinado por CARTIF y financiado por la Comisión Europea que comenzó en 2015 y que tiene como objetivo transformar las ciudades de Valladolid, Nottingham y Tepebasi en más eficientes, sostenibles e inteligentes, trabajando en los ámbitos de la eficiencia energética, la movilidad sostenible y las tecnologías de la información y la comunicación.

Con un presupuesto de 24M€, este proyecto ha permitido rehabilitar energéticamente alrededor de 63500m² en edificios residenciales, desplegar 95 vehículos de combustibles alternativos y alrededor de 90 nuevos puntos de recarga para auto-

“En nuestros proyectos Smart Cities (REMOURBAN, mySMARTLife y Making-City) trabajamos con más de 100 ciudades europeas promoviendo una nueva visión integradora de modelo de ciudad hacia la sostenibilidad”

buses, vehículos de reparto o vehículos compartidos. Además, todo ello acompañado por el despliegue de plataformas urbanas en las 3 ciudades para mejorar los servicios relacionados con la energía y el transporte, así como para poder evaluar los impactos de las acciones. En total, está previsto que el proyecto permita ahorrar 6.860MWh al año y reducir las emisiones de CO₂ en casi 3,000 toneladas en las tres ciudades. El proyecto ha permitido desarrollar metodologías para hacer estas soluciones replicables.

CARTIF coordina el proyecto CITYFIED...

R.G: CITYFIED es un proyecto muy emblemático para CARTIF, que está en su recta final tras cinco años de ejecución. Premiado en varias ocasiones, CITYFIED es un proyecto financiado con 27 millones de euros por la CE, en el que hemos liderado la transformación de tres distritos europeos (Laguna de Duero (ES), Lund (SE) y Soma (TR), convirtiéndolos en entornos eficientes y sostenibles. La rehabilitación del distrito de Torrelago en Laguna de Duero (Valladolid) ha sido, de hecho, la obra de rehabilitación más grande de Europa, con 140.000 m² de área calefactada rehabilitada energéticamente.

La transformación de este barrio mediante el despliegue de medidas pasivas en los 31 edificios del barrio (aislamiento térmico por el exterior) y la modernización completa de la red de calor existente mediante la instalación de nuevas tuberías, nueva sala de calderas y 3 calderas de biomasa de 3,5 MW, ha permitido reducir la demanda térmica de los edificios entorno al 40% y que esta sea cubierta en un 90% por fuentes renovables. Lo más importante es la sustancial mejora del confort de los cerca de 4.500 vecinos que habitan las 1.488 viviendas del barrio. Esa es nuestra mayor satisfacción.

¿En qué consiste el proyecto mySMARTLife?

R.G: mySMARTLife es un proyecto enmarcado dentro de la iniciativa de Proyectos Faro Smart City de la Comisión Europea, financiado por el Horizonte 2020 y que lidera CARTIF. En él trabajamos 27 socios, promoviendo esa visión integradora de un nuevo modelo de ciudad. El concepto de transformación urbana planteado en mySMARTLife está basado en la generación de planes urbanos integrales, que permitirán la realización de una planificación de ciudad más eficiente, promoviendo el desarro-

llo de una estrategia de transformación urbana basada en el fortalecimiento de la participación ciudadana, el desarrollo de un ecosistema económico local para la creación y mantenimiento de empleo alrededor de los nuevos servicios de ciudad y que será el resultado del despliegue del plan integral urbano de la ciudad. Además del desarrollo de este nuevo modelo de ciudad, el proyecto despliega 150 acciones smart en diferentes ciudades, en los ámbitos energético, movilidad sostenible y las TIC. Por ejemplo, Nantes está desarrollando un nuevo modelo de autobús eléctrico urbano, el XXL-bus: desplegará 22 autobuses 100% eléctricos de 24m de longitud, bi-articulados y con recarga ultrarápida (600 Kw).

¿Las ciudades europeas deben transformarse para ser más sostenibles en el futuro?

R. G: Claramente. Es un hecho que existe un desplazamiento de la población hacia las ciudades y uno de los retos más importantes que tiene que afrontar nuestra sociedad es conseguir transformarlas de forma que se conviertan en entornos más accesibles, sostenibles y eficientes.

Nuestras ciudades ya llevan tiempo trabajando en esta transformación. Cualquier ciudad de tamaño medio o grande cuenta con planes de transformación urbana cuyos objetivos, aun siendo muy interesantes y ambiciosos, distan de ser totalmente atractivos para los ciudadanos porque carecen de un aspecto fundamental: la integración. Por tanto, nos queda mucho camino por recorrer.

En este sentido, ¿en qué dirección hay que seguir trabajando?

R.G: Nosotros partimos de la premisa de que una ciudad es de sus habitantes y estos deben ser el centro de estos cambios que conviertan la ciudad en más sostenible, participando activamente en el proceso. Cualquier acción desplegada en una ciudad debe responder a sus propios retos y estos, a su vez, deben haber sido identificados contando con sus ciudadanos.

¿Qué proyectos de I+D+i llevan adelante aplicados al Patrimonio Cultural?

R.G y S.S: CARTIF es un centro de referencia internacional en la aplicación de tecnologías digitales para la investigación, protección, conservación, restauración y difusión del Patrimonio Cultural y Natural. Es el único centro tecnológico de Castilla y León con más de 15 años de actividad continuada en este sector. Dentro de esta área de conocimiento, hemos participado en proyectos como I2MHB, SHCity, INCEPTION o RENERPATH centrados en adquisición de datos y modelado 3D en color para reconstrucción dinámica de los objetos, entorno y edificios que permitan establecer estrategias para una mejor conservación de patrimonio cultural. Actualmente estamos desarrollando RURITAGE, un proyecto de regeneración del entorno rural a través de estrategias basadas en conservación y potenciación del patrimonio existente.

¿Cuáles son los grandes objetivos de CARTIF a futuro?

R.G y S.S: En CARTIF queremos consolidarnos como centro tecnológico de referencia a nivel regional, nacional e internacional en aquellas áreas que afectan a los procesos de transición de regiones y ciudades como la transformación energética, la economía circular y rural o la digitalización de la industria. Además, buscamos fortalecer nuestro apoyo al ecosistema de la innovación de nuestro entorno, mejorando constantemente nuestras capacidades para dar respuesta a los retos a los que se enfrentan las empresas, administraciones públicas y, en definitiva, la sociedad en su conjunto.



ENTREVISTA Dr. José Antonio Suárez Lepe Catedrático de Tecnología de los Alimentos de ETSIAAB (UPM).
Director del Grupo de Investigación Enología, Enotecnia y Biotecnología Enológica de la UPM (ENOTEC-UPM) y hasta fecha reciente director del Curso Máster en Viticultura y Enología

“La enseñanza superior en viticultura y enología de la UPM cumple su 50 aniversario”

Y el grupo Enotec-UPM consolida recientemente dos importantes proyectos de investigación en torno al vermut y a la frescura del vino.

Creado a principios de 2005, el Grupo ENOTEC-UPM es hoy un referente en investigación, desarrollo de conocimiento y soluciones en materia de enología. También en formación superior en ese campo. No en vano, su director, a quien entrevistamos a continuación, es uno de los mayores expertos en enología de España.

¿En qué líneas de investigación se ha venido centrando ENOTEC desde su creación?

Durante un primer periodo fuimos pioneros en la moderna selección de levaduras vínicas con criterios establecidos por nuestro grupo y, hasta entonces nunca estudiados (nuevas formas estables de color, adsorción de antocianos por paredes de levaduras, o la importancia de la crianza sobre lías de vinos tintos), todos ellos aprobados por la Organización Internacional de la Viña y el Vino OIV, en 2007. Especial énfasis hemos puesto también en cómo afecta y afectará el cambio climático a nuestros vinos. La línea más importante enfatiza en la formación de otros metabolitos fermentativos de las levaduras (glicerina, láctico y/o succínico), en detrimento de la elevación del grado alcohólico. En vinos tintos en la crianza sobre lías, la búsqueda del control del potencial aromático, la conservación del color, la disminución de la astringencia pero conservando cuerpo y volumen, y la extensión de su período de consumo, son retos que los consumidores plantean a la industria enológica; tratamos de resolverlos con más infraestructuras analíticas HPLC, GC, mi-

croscopía óptica y electrónica, espectrofotometría UV-Vis, FTIR, y más tecnologías emergentes de conservación, altas presiones hidrostáticas, campos eléctricos pulsados, ultrasonidos... aplicadas a investigación enológica.

¿Qué ha resultado de la actividad científica del grupo?

De nuestras líneas de investigación han surgido 5 interesantes patentes, numerosas publicaciones en importantes revistas de impacto, más de 20 tesis doctorales dirigidas y una extensa bibliografía publicada. Entre esos libros, destacaría “Microbiología Enológica. Fundamentos de Vinificación (J. A. Suárez Lepe y B. Iñigo Leal. 1990, 1992, 2004)”, un referente para la formación en microbiología enológica. Levaduras vínicas. Funcionalidad y uso en bodega (J. A. Suárez Lepe, 1997, Ediciones Uniprensa), premio OIV 1998 a la mejor monografía de carácter científico, más recientemente Levaduras par vinificación en tintos, (A. Morata y J. A. Suárez Lepe 2005, Editorial AMV), independientemente de capítulos de libros en editoriales internacionales tan importantes como InTech, Elsevier y Springer.

Entre los proyectos en los que están inmersos actualmente se encuentra Innter-Winarwal... ¿Qué objetivos persigue?

Innter-Winarwal es un proyecto de I+D consorciado, formado por algunas de las bodegas más importantes de Galicia (Adegas Moure, Valmiñor y Marqués de Vargas), que tiene como objetivo principal la elaboración de un vino aromatizado (vermut) singular y de calidad, a partir de vinos base elaborados con viníferas tradicionales de Galicia y con hierbas aromáticas gallegas para obtener un producto 100% gallego que dé respuesta a la actual demanda de mercado de este tipo de producto vínico. Cuenta con un presupuesto de 1,1 millones de euros y está cofinanciado por la UE y el CDTI.

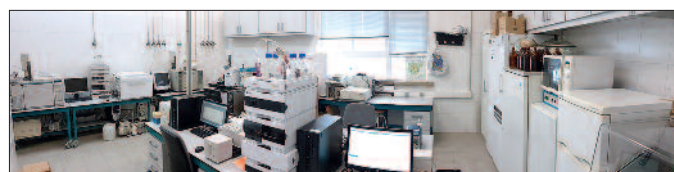
Nuestra contribución se ha centrado en la selección de levaduras para la fermentación del vino base y para la crianza sobre lías en el envejecimiento. También en la extracción de antocianos para utilizarlos como pigmentos naturales en el uso de diferentes maderas para su envejecimiento.

Otro proyecto resaltante en el que participan es Freshwines...

Efectivamente. En este caso se trata de un proyecto para mejorar la frescura de los vinos españoles y potenciar su competitividad internacional. La iniciativa cuenta con un presupuesto de más de 2 millones de euros y está cofinanciado por el CDTI con fondos FEDER de la UE. El proyecto Freshwines surge como una respuesta a recientes estudios de mercado que revelaban la existencia de una clara discordancia entre los perfiles de vinos preferidos por los consumidores internacionales y los perfiles patrón propios de vinos españoles de diversas zonas. Esta discrepancia hallaba su razón de ser en el factor frescor, poco frecuente en vinos españoles. Para solventar esta carencia, el consorcio de Freshwines se ha conformado con el objetivo de lanzar este proyecto de I+D que promueva el desarrollo de nuevos conocimientos y tecnologías orientados a mejorar la frescura de los vinos españoles, tanto embotellados como a gra-



Laboratorio de análisis instrumental del Grupo enotec-UPM



nel. Para su implementación, Freshwines se basará en una serie de estrategias vitícolas ecológicas en el viñedo y biotecnológicas en bodega. La empresa líder es Lallemand Bio y además figuran en el consorcio González Byass, Bodegas Fontana, Viñedos y Bodegas Comenge y Altosa Destilerías.

Toda la gestión, tramitación de informes, elaboración de memorias técnicas... corre a cargo de Artica Ingeniería e Innovación (ártica+i), cuya misión es ayudar a las empresas y organizaciones a convertir sus ideas en proyectos, servicios y productos competitivos, con una clara orientación al mercado de productos alimentarios. Con 25 años de experiencia, y un equipo de 45 profesionales, más de 200 empresas nacionales y extranjeras han confiado en ellos, movilizándolo al año en torno a unos 100 millones de euros en proyectos de ingeniería, y otro tanto en proyectos de I+D+i.

El pasado mes de febrero se cumplieron 50 años desde que el Ministerio de Educación les autorizó a impartir enseñanza superior en enología...

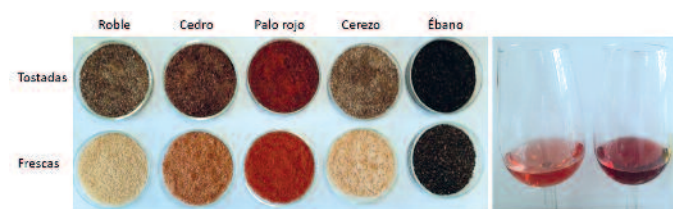
Sí, efectivamente. El ministerio de Educación y Ciencia por orden ministerial publicada el 15 de febrero de 1969, BOE (No. 40) autorizaba la implantación en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos en Madrid de enseñanzas para graduados mediante cur-

sos de especialización superior en viticultura y enología. En su creación fue decisivo el impulso dado a esos estudios por don Luis Hidalgo Fernández-Cano, Don Gabriel Yravedra Llopis y Don Jaime Lamo de Espinosa, los tres insignes y destacados profesores del curso. En 1986 con la aprobación de los nuevos estatutos de la UPM pasó a ser curso Máster en Viticultura y Enología como una titulación propia con una dotación mínima de 60 créditos.

Actualmente su Máster es un referente en la formación de profesionales de la vitivinicultura...

En el año 2005, nos integramos en el MS ERASMUS MUNDUS en Viticultura y Enología, dentro del programa europeo Vinifera, gracias a los consorcios establecidos con otras universidades (Montpellier, Burdeos, Milán, Turín, Udine, Geisenheim, y Lisboa). Actualmente, nuestro Máster es un referente en la formación de profesionales de la vitivinicultura, y es un orgullo para todos que tenga lista de espera de alumnos. No es exagerado afirmar que la inmensa mayoría de los técnicos-enólogos que dirigen actualmente importantes viñedos o bodegas han iniciado su formación en esta querida casa, y bajo nuestra tutela.

Innter-Winarwal y Freshwines son los dos últimos proyectos resaltantes en los que participa ENOTEC-UPM



Virutas de distintas maderas empleadas en la aromatización y envejecimiento del vermut

ENTREVISTA Carlos García Izquierdo

Jefe del Grupo de Enzimología y Biorremediación de Suelos y Residuos Orgánicos (CEBAS-CSIC)

“Hemos definido estrategias para mejorar la productividad y la fertilidad de los suelos”

La fragilidad de un recurso natural como es el Suelo, en particular aquellos que se encuentran en el sudeste español, impulsó en 1995 la creación, en el seno del CEBAS-CSIC en Murcia, del Grupo de Investigación de Enzimología y Biorremediación de Suelos y Residuos Orgánicos. Hoy sigue trabajando en el aprovechamiento de los residuos orgánicos tratados para mejorar la fertilidad, calidad, biodiversidad y productividad del suelo.

¿Qué circunstancias motivaron la fundación del grupo en el CEBAS-CSIC?

Estamos en una zona fundamentalmente semiárida, con una enorme fragilidad de recursos naturales importantísimos, como el agua y el suelo. El grupo nació para convertir en solución la simbiosis de dos problemas: por un lado, la degradación y desertificación del suelo y, por otro, el exceso de residuos orgánicos que, convenientemente tratados, pueden ser aprovechables como enmiendas orgánicas, para mejorar la calidad de los suelos en general, y la productividad de los suelos agrícolas en particular. De esta forma, se puede mejorar la fertilidad de los suelos, y aumentar su contenido de carbono de una forma económicamente viable, y eliminar residuos orgánicos de manera ambientalmente amigable. El suelo es un recurso natural que hay que proteger y conservar para el futuro, como sumidero de carbono y como soporte de las plantas que crecen sobre él, además de por su función su capacidad para mantener la biodiversidad, y de producir alimentos que puedan sustentar

a la creciente población mundial.

¿Sus investigaciones son aplicables también fuera de Murcia?

Estar en este enclave y trabajar en este tipo de estrategias nos ha permitido colaborar con países europeos donde ahora mismo no tienen problemas como los nuestros, pero los pueden tener en el futuro. También nos ha permitido mirar hacia el sur, fundamentalmente a los países del norte de África, donde este tipo de estrategias pueden ser una iniciativa válida para conseguir una mejora de su ecosistema suelo. Las estrategias que marcamos para conseguir buenos residuos orgánicos, y para convertirlos en enmiendas orgánicas de calidad, son útiles para todos los suelos que sufren procesos de degradación y de desertificación, e incluso en situaciones graves son capaces de devolverlos a situaciones acordes con su funcionalidad. Asimismo, el empleo de estas enmiendas orgánicas de calidad puede ser una adecuada alternativa a los fertilizantes minerales incrementando la productividad de los suelos agrícolas de un modo sostenible.



¿Cuáles son sus principales líneas de investigación?

Este es un grupo de investigación grande, con proyectos financiados regionales, nacionales y europeos, así como contratos con empresas, y nos repartimos el trabajo en cinco líneas de investigación. La primera va dirigida a la valorización de residuos orgánicos orientada a su posible uso como enmiendas orgánicas “a la carta”, y eso incluye el estudio de los residuos, su catalogación y los tratamientos que se pueden hacer con ellos para valorizarlos. La segunda, estudia la protección y conservación de suelos, atendiendo principalmente a su funcionalidad y sostenibilidad. La tercera, diseña las estrategias para fijar carbono en el suelo, mejorar su fertilidad, incidir en su biodiversidad microbiana y en su funcionalidad, y aumentar su productividad, al tiempo que se reduce la eliminación no adecuada de los residuos orgánicos. La cuarta línea hace referencia al empleo de nuevas herramientas analíticas para estudio de

la biodiversidad microbiana de suelos, con técnicas como la genómica, la proteómica y la metabolómica; y la quinta, persigue el control de las estrategias que definimos, para que no causen ningún perjuicio al medio ambiente.

¿Cuáles han sido sus mayores éxitos?

Nuestra mayor aportación ha sido definir estrategias para mejorar la productividad y la fertilidad de suelos desde dos perspectivas fundamentales: medioambiental y agrícola. Dentro de eso, se ha propuesto el uso de enmiendas orgánicas de calidad, obtenidas mediante los tratamientos adecuados, y basadas en residuos de carácter urbano tales como la fracción orgánica de las basuras domésticas y los lodos de depuradora, así como residuos agroindustriales, que se producen en bastante cantidad. Supone una valorización de residuos orgánicos que se encuadra dentro de lo que hoy se conoce como economía circular.

¿Se está transfiriendo ya sus estrategias, para beneficiar a suelos degradados?

En nuestro grupo la transferencia de conocimiento se produce a diferentes escalas. Por un lado, hacia las empresas que trabajan con residuos orgánicos, con las que colaboramos para poder valorizar esos residuos, cuando ha sido posible, como fuente de materia orgánica para los suelos. Al sector agrícola y a empresas de fertilizantes, le hemos trasladado la posibilidad de recurrir a fuentes de materia orgánica que económicamente son viables y que van a hacer que mejore la productividad del suelo (fertilidad edáfica como fin para la sostenibilidad y funcionalidad de los suelos). En cuanto a la transferencia a la sociedad, nos hemos im-

plicado muchísimo para concienciar a los ciudadanos de que los residuos orgánicos, en particular la parte orgánica de la basura doméstica, son aprovechables si se tratan de forma adecuada, porque se evita introducirla en vertederos. Por ejemplo, nos hemos implicado en acciones con los colegios que tienen huertos ecológicos para que con los residuos que ellos producen, como los restos de fruta, hagan su propio fertilizante, su propia enmienda orgánica, y la introduzcan en ese suelo. Así, se habitúan al proceso de reciclaje, y su aplicación no les suena lejana. Por último, hemos colaborado con muchas administraciones para, dentro del marco legal, intentar establecer criterios y normativas que hagan descifrable qué tipos de residuos se pueden convertir en enmiendas orgánicas, cuáles se pueden incorporar al suelo y de qué manera.

¿Cuáles son sus retos de cara al futuro?

Lo primero que tenemos que intentar es afianzar las acciones y las estrategias que tenemos entre manos, sobre todo lo que se refiere al uso de enmiendas orgánicas “a la carta”: establecer un verdadero catálogo de enmiendas orgánicas y fertilizantes orgánicos de nueva generación, que sean de utilidad para aspectos muy concretos. Afianzar esa línea de investigación es clave para nosotros. Otro gran reto que tenemos es incrementar los servicios ecosistémicos de los suelos, en concreto, su capacidad para fijar carbono orgánico de una forma aceptable para evitar que parte de ese carbono se pierda como CO₂ a la atmósfera, minimizando así el efecto invernadero. El tercer reto es llegar a conocer cómo se comporta toda la biodiversidad microbiana del suelo en los entornos en los que nos estamos desenvolviendo; el comportamiento y posible manejo de los microorganismos del suelo, resultará clave, tanto en procesos de aporte nutrientes a las plantas como en los de eliminar tóxicos del suelo, así como su papel en la propia productividad y fertilidad del suelo. El conocimiento de esos microorganismos y de su diversidad y funcionalidad, permitirá arbitrar soluciones de futuro en una agricultura sostenible, basada en la protección y conservación del suelo.



ENTREVISTA Carlos Rioja del Río Coordinador del Proyecto Stimey

“Las materias de ciencia y tecnología son una gran ayuda para el emprendimiento en general”

Apasionado por la tecnología, hace tres años Carlos Rioja presentó el proyecto Stimey al programa Horizonte 2020 de la Comisión Europea para corregir un problema: el descenso de vocaciones reales entre los jóvenes para estudiar carreras STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, en sus siglas en inglés). Tras obtener la máxima puntuación posible, comenzó a dirigir desde la Universidad de Cádiz un proyecto en el que participan Alemania, Finlandia, Bielorrusia y Grecia.



¿Cómo nació el proyecto Stimey?

Soy ingeniero y doctor en arquitectura de computadores en el departamento de Ingeniería Informática de la Universidad de Cádiz (UCA). Mi investigación está enfocada a la educación en ingeniería y ciencias en general. Según datos de la Comisión Europea (CE), el número de jóvenes formados en carreras STEM está disminuyendo tanto en cantidad como en calidad. Por

eso, hace tres años impulsamos el proyecto Stimey, con el objetivo de mejorar el acercamiento de los jóvenes europeos de entre 10 y 18 años a la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. De esta forma, desde la UCA se puso en marcha el primer proyecto andaluz sobre esta disciplina, dirigido aquí, y que ha obtenido la máxima puntuación en el programa Horizonte 2020 de la CE, con 15 puntos sobre 15 posibles. Empezó a funcionar el 1 de septiembre de 2016 con una propuesta muy participativa e internacional, universidades y empresas de cinco países: España, Alemania, Finlandia, Bielorrusia y Grecia.

¿Por qué disminuyen las vocaciones en disciplinas STEM?

Es un tema generalizado y casi crónico. Como miembro del consejo directivo de la Sociedad Europea de Formación en Ingeniería (SEFI),



tengo contacto con sociedades japonesas, americanas, australianas, koreanas, y demás, y pasa en todo el mundo: a los chicos y chicas les encanta usar la tecnología pero no quieren estudiar ni trabajar con ella. Por eso hace falta que vean que es igual de fácil y de difícil que cualquier otra materia de este mundo, siempre que se afronte con ganas.

¿Qué abordaje plantean para fomentar esas vocaciones?

Como nos han dicho desde Bruselas, lo que hace de Stimey un proyecto de éxito es que existen muchos proyectos de este tipo, pero principalmente comandados por científicos que quieren que la gente estudie ciencias. En cambio, Stimey es multidisciplinar, con pedagogos, psicólogos, matemáticos, educadores, periodistas, ingenieros, comunicadores, programadores y otros profesionales, y abordamos la educación desde su más alto nivel de abstracción hasta llegar a los más concretos. El primer año desarrollamos un marco pedagógico muy intenso, y una investigación muy concreta, para abordar ese acercamiento multidisciplinar y una serie de herramientas que habían quedado denostadas por otros proyectos, como una radio propia y exclusiva del proyecto, un robot educativo y social y una plataforma que incluyera todo lo beneficioso y excluyera todo lo tóxico de las redes sociales. El aprendizaje colaborativo y abierto al mundo.

¿Cómo funcionan esas herramientas?

Hemos desarrollado un sistema integrado en el que las presentamos todas como un bloque en el que pueden interactuar estudiantes, profesores, padres y empresas. La radio Stimey ya ha empezado a lanzar contenidos que incluyen ele-

mentos de ciencia y de ingeniería, pero también hablan de música, películas, videojuegos, viajes, y redes sociales. El robot, del que ya hay prototipos funcionando y vamos a tener más de mil unidades, no es un robot al uso. Va a ser un compañero y principalmente un asistente social y emocional, por ejemplo compartirá tanto la satisfacción y alegría al solucionar una tarea, como la frustración cuando no pueda resolver un problema, y de esta forma transmitirá al alumno que la frustración es una emoción relativamente normal en el trabajo y la mejora constante. Siempre va a ser un elemento de motivación hacia el alumno, y va a estar comunicado con los otros robots y con la plataforma. Luego hay un área de juegos didácticos que combinan enriquecimiento, crecimiento personal, creación... y también se fomentan el emprendimiento y las relaciones sociales.

¿Es una plataforma para toda Europa?

Efectivamente, y cuando esté terminada, dentro de pocos meses, cualquier profesor de Europa podrá crear su propio contenido adecuado para sus alumnos, y el robot colaborará con él. También podrá crear contenidos para la radio, los juegos, porque no va a ser un producto cerrado sino una herramienta dinámica. Incluso los alumnos y padres podrán participar en la creación de contenidos.

¿El objetivo tiene que ver con el viraje del mundo laboral hacia la tecnología?

Ante la automatización de procesos, los seres humanos debemos reinventar nuestro futuro para buscar el factor diferenciador respecto a las máquinas y la tecnología, que tenemos muchos. Para eso es im-

portante retomar la ilusión por estudiar, por trabajar y por crear, porque la ingeniería y la ciencia en general siempre han sido creatividad, y en España, y en particular en Andalucía, nos podemos considerar expertos en creatividad perfectamente. Lo importante es que los jóvenes vean este tipo de estudios y de empleos como algo natural y accesible. Que sigamos utilizando la ciencia y la tecnología como herramientas para mejorar nuestra calidad de vida.

¿Qué acogida está teniendo el proyecto?

En los días de divulgación que hacemos con los institutos por toda Europa, la primera respuesta de los alumnos es que las STEM son demasiado difíciles. Nosotros les hacemos ver que cuando te gusta algo, las horas que le dediques siempre son productivas. El emprendimiento es más sencillo si se aborda desde un punto de vista tecnológico y por suerte en Cádiz, y en particular en la UCA, se prestan muchas ayudas para el emprendimiento tanto en ciencias como en humanidades. Siempre transmito a los alumnos que las STEM les van a permitir ser emprendedores en cualquier disciplina y obtener un puesto de trabajo adecuado con más opciones. El proyecto también ha tenido buena acogida en el MIT y en la American Society of Engineering Education, instituciones donde fue presentado el pasado verano, con ellos, vamos a colaborar compartiendo nuestras herramientas y las que ellos han creado en Estados Unidos.

¿En qué consiste la participación de las empresas?

Las empresas obtienen información académica con los usuarios, además ayudan a definir los objetivos de aprendizaje futuro de los chicos de hoy. Cada usuario de la plataforma Stimey genera un diario académico (e-portfolio) con todos los recursos que va generando, y esa información es muy valiosa para las familias, los profesores, y las empresas. Por supuesto, hemos sido muy escrupulosos en la ética y protección de datos, porque es muy importante que profesores y padres estén completamente seguros del tratamiento que se va hacer de ellos.



ENTREVISTA Dra. M^a Elena Arroyo de Dompablo Investigadora principal del Grupo de Diseño Computacional de Materiales Inorgánicos de la Universidad Complutense de Madrid

“Necesitamos sistemas de almacenamiento de energía más baratos, seguros, sostenibles y eficientes”

Si bien es verdad que la energía no se crea ni se destruye, también lo es que en algún lugar se tiene que almacenar para poderse utilizar. Buscar nuevos materiales para crear baterías es el objetivo de la doctora Elena Arroyo de Dompablo y su grupo de Química Computacional de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), que centran sus estudios en el calcio como elemento base.

Has estado en casi todos los escalones de la complutense...

Gran parte de mi trabajo de investigación lo he desarrollado en la UCM donde, desde 2010, soy profesora titular, pero anteriormente estuve adscrita como becaria, ayudante, profesora contratada... Y también como investigadora Ramón y Cajal.

Pero también has viajado mucho...

Creo que para avanzar hay que moverse, ampliar conocimientos, actualizarse, intercambiar ideas, colaborar... Siempre que he podido he realizado estancias en prestigiosos laboratorios de Alemania, Francia o Estados Unidos. En mi carrera ha sido fundamental un periodo de tres años, del 2000 al 2002, en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, el MIT, que es donde aprendí la especialidad en la que trabajo ahora, ya que es uno de los centros punteros a nivel mundial.

¿El diseño computacional de materiales inorgánicos?

Sí, en este caso dirigidos al almacenamiento de la energía.

Ya... ¿lo podrías explicar para los profanos en la materia?

El desafío energético de la sociedad actual involucra diversos aspectos interrelacionados, incluyendo la independencia energética, la sostenibilidad medioambiental y la economía. En este marco, es necesario disponer de soluciones de almacenamiento energético eficientes, fiables y económicas. Los sistemas electroquímicos de almacenamiento de energía, como las baterías de ion-litio, se consi-

deran una de las tecnologías clave.

¿Estamos hablando de las baterías de los coches eléctricos?

En parte sí, pero es mucho más que eso. Algunas fuentes de energías renovables son intermitentes, como la solar o la eólica, lo que quiere decir que hay que almacenar la energía en baterías estacionarias y distribuirla a través de la red eléctrica para poder consumirla a demanda. Las baterías de ion-litio son una posible solución. Independientemente de su aplicación (vehículos eléctricos, energías renovables o electrónica portátil) estas baterías presentan algunas limitaciones tecnológicas, económicas y medioambientales. Entre ellas, la disponibilidad de las materias primas. Las baterías de ion-litio de mayor densidad energética utilizan electrodos positivos que contienen cobalto y níquel que, como el litio, son poco abundantes y caros. Así, son necesarios sistemas de almacenamiento de energía alternativos, que sean más baratos (basados en elementos abundantes), seguros, sostenibles y con mejores prestaciones. Por eso estamos investigando baterías que en lugar de en litio estén basadas en sodio, aluminio, magnesio... En este contexto aparece el proyecto Calcium Rechargeable Battery Technology (CARBAT), financiado por el programa H2020-FETOPEN de la Unión Europea, que tiene como reto tecnológico el desarrollo de nuevas baterías avanzadas basadas en calcio y que proporcionen una mayor densidad energética que las baterías de ion-litio actualmente comercializadas. La densidad energética es un parámetro esen-

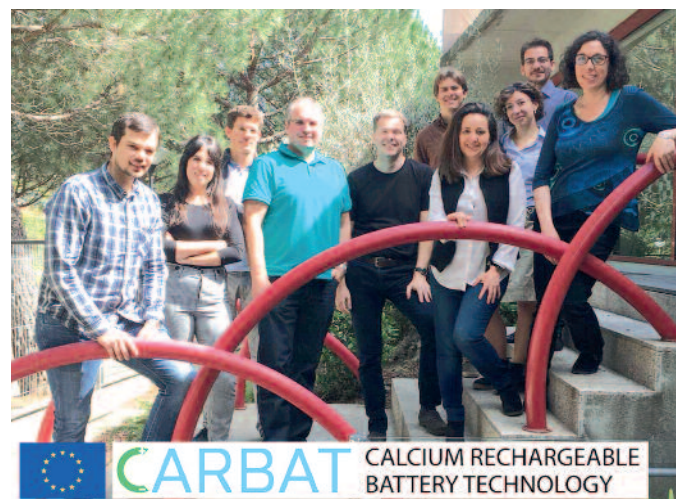
cial para los vehículos eléctricos, más energía significa mayor autonomía. Junto con la UCM, en CARBAT participan el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (ICMAB-Barcelona), la Universidad Tecnológica de Chalmers (Suecia) y el Instituto Fraunhofer (Alemania), sumando 25 investigadores entre químicos, físicos e ingenieros.

Así, ¿el calcio es el futuro?

El litio es muy escaso en la corteza terrestre, mientras que el calcio es el quinto elemento más abundante, por lo que usar calcio supondría un abaratamiento en los costes de la batería. Otra ventaja es que el calcio, al contrario que el litio o el sodio, podría utilizarse en su forma metálica como electrodo negativo, lo que permitiría aumentar la energía suministrada por la batería. Para desarrollar baterías basadas en calcio es fundamental encontrar y optimizar un material que funcione como electrodo positivo. Hasta el momento hemos obtenido resultados prometedores con algunos compuestos inorgánicos, que se recogen en dos patentes mundiales en colaboración con la empresa Toyota Motor Europe. Pero falta todavía mucha investigación y recursos. La Unión Europea es consciente de que es un tema muy importante de cara a la sostenibilidad del planeta y está invirtiendo en tecnologías emergentes. También tenemos la suerte de que el diseño computacional agiliza mucho el trabajo.

¿A qué te refieres?

Hoy en día existen múltiples técnicas computacionales que permiten simular distintos sistemas (moleculares,



Algunos miembros del proyecto CARBAT. De izquierda a derecha: R. Araujo, L. Cabana, A. Ponrouch, A. Würsig, P. Johansson, A. Black, M.E. Arroyo de Dompablo, R. Verelli, A. Torres y M. R. Palacín.

Los sistemas electroquímicos de almacenamiento de energía, como las baterías de ion-litio, se consideran una de las tecnologías clave

fluidos, sólidos, o incluso dispositivos) a escala macro- o microscópica. Muchas propiedades de los materiales pueden predecirse y entenderse a partir de los resultados de los cálculos basados en principios cuánticos. En nuestro caso, mediante este tipo de cálculos evaluamos las propiedades electroquímicas relevantes (capacidad, voltaje, potencia, ciclabilidad...) antes de sintetizar y probar los materiales. Computacionalmente podemos tardar un par de semanas en disponer de una estimación de los parámetros para un material, mientras que experimentalmente hablamos de un mínimo de seis meses.

Baterías más limpias, más económicas... ¿harían un mundo mejor?

Sí, yo creo que ese debería ser el objetivo. Pero ya no solo de nuestra investigación, sino de todo lo que hacemos en

nuestra vida. Entre las funciones de la Universidad se encuentran la difusión, la valorización y la transferencia del conocimiento al servicio de la sociedad. Creo que la Universidad debería tener un papel más activo y cercano a la sociedad actual. Por ejemplo, iniciativas desarrolladas en la Universidad pueden trasladarse a otros ámbitos sociales, como un convenio que hemos firmado con el Club Baloncesto Alcorcón con el objetivo de desarrollar un programa de mentoría similar al existente en algunas universidades, pero para clubes deportivos locales. Otro ejemplo, la organización del primer Ágora Internacional en educación, investigación y empleo, con el que pretendemos integrar estos tres niveles propiciando la creación de redes de colaboración que permitan realizar cambios significativos en la vida de las personas gracias a la ciencia.

ENTREVISTA Prof. Javier Montero Catedrático de Universidad en el Departamento de Estadística e Investigación Operativa de la Universidad Complutense de Madrid. Coordinador del grupo FORaid

FORaid: computación y ciencia de datos

Ciencia de datos y Soft Computing en análisis social y modelos de decisión en logística y gestión de desastres

Impulsado por la gran capacidad para la investigación multidisciplinar de la Universidad Complutense de Madrid, el Grupo FORaid ("Fuzzy and Operations Research for Decision Aid", en castellano "Ayuda a la decisión con Investigación Operativa y Lógica Difusa") lleva desde 1988 investigando y generando conocimiento en torno a los problemas de decisión, centrado en el análisis de la información sobre la que se basan nuestras decisiones y abarcando todas las facetas que una decisión implica. Nos lo explica su coordinador.

El carácter multidisciplinar es el primer aspecto destacable de FORaid...

Sí, hemos sacado ventaja de la mayor virtud de la UCM: un espectro de investigadores en especialidades que pocas universidades en el mundo son capaces de ofrecer. En el campo de la matemática, el Instituto de Matemática Interdisciplinar, donde se acaba de lanzar el "Data Science Club", en el que nuestro grupo está directamente involucrado, marca esta característica esencial de la universidad, a través de proyectos que implican la participación de varias áreas de conocimiento.

En nuestro equipo están presentes investigadores de la Facultad de Matemáticas pero también de la Facultad de Estudios Estadísticos, de la de Informática, de Ciencias Económicas y Empresariales, de Psicología y de Ciencias Políticas y Sociología de la UCM. Y además tenemos investigadores de la UPM, de la Universidad Rey Juan Carlos y de la Universidad de Salamanca. Al tiempo, mantenemos intensas relaciones con investigadores de otras universidades nacionales, particularmente con el equipo de Humberto Bustince en la Universidad Pública de Navarra, e internacionales.

La propia estructura del Grupo evidencia esa interdisciplinariedad...

Efectivamente. El carácter multidisciplinar de nuestro campo de trabajo se refleja en la dimensión (40 investigadores), pero también en la propia organización del grupo. Debido a nuestro tamaño y la natural diferenciación de fines, nos dividimos en dos grupos declarados de excelencia por la UCM: uno dirigido por Daniel Gómez y José Manuel Robles, "Data Science and Soft Computing for Social Analytics and DecisionAid", que contiene al subgrupo dedicado específicamente a las aplicaciones en redes sociales; y otro dirigido por Begoña Vitoriano, que es



De izq. a der.: Ahinara Blanco, Adán Rodríguez, Víctor Palomo, Teresa Ortuño, Javier León, Javier Martín, Javier Yáñez, Begoña Vitoriano, José F. Barbas, Javier Montero, Pablo Flores, Daniel Gómez, Federico Liberatore, Inmaculada Flores, Carely Guada, Gregorio Tirado, Tinguaro Rodríguez, Karina Rojas, Carmen Torres-Blanc, José M. Ferrer, Nuria Martínez, Eugenio Roanes y Pablo Olaso

"Modelos de Decisión en Logística y Gestión de Desastres".

Conjuntamente hacemos frente a proyectos de gran envergadura, como la red de excelencia CASSI-CAM-CM de la Comunidad de Madrid, centrado en los "Conceptos y aplicaciones de los sistemas inteligentes".

¿Cuáles vienen siendo sus líneas de investigación?

Empezamos centrados en la fiabilidad de sistemas, comprobando la importancia de agregar la información que se recibe de cada pieza para ver cómo funciona una máquina; y poder llevarlo después a otros contextos. De ahí pasamos al problema de las decisiones: cómo las tomamos. Nos dimos cuenta de que todas las decisiones están muy marcadas por la emoción, que es la que resuelve la incertidumbre. Por tanto, no admiten un enfoque estrictamente racional. Lo que la gente suele llamar datos, a veces pueden ser gráficos, imágenes... Los datos tienen, en definitiva, formatos muy variados. Esa información no la manipulamos con la lógica tradicional binaria,

que no es la que habitualmente utiliza nuestro cerebro, sino que nos hemos metido con otras lógicas, más allá de la aristotélica. Son procesos mucho más cercanos a otras lógicas, como la lógica difusa de Lotfi A. Zadeh que es con la que nosotros trabajamos.

Al final, ¿qué objetivo general persiguen sus investigaciones?

Nuestro objetivo es cubrir todas las facetas que conducen a la toma de decisiones, desde la formalización del problema en su contexto a la búsqueda de los datos, el procesamiento de esos datos y la transformación en información y conocimiento, para finalmente abordar la toma de decisiones. De cara al futuro, queremos continuar con el desarrollo de modelos específicos de la Ciencia de los Datos y las aplicaciones en Logística Humanitaria y el análisis de Redes Sociales, con especial hincapié en los problemas de obtención, representación y extracción de información útil y consistente, problemas de optimización y planificación, problemas de aprendizaje automático, y en

definitiva el desarrollo de sistemas de ayuda a la decisión.

¿El Big Data supone un nuevo paradigma?

Totalmente. Un nuevo paradigma que implica la observación sistemática de la realidad, a través de sensores y la digitalización inmediata de cada vez más partes de la realidad. El fenómeno del Big Data nos invade pero, si no sabemos procesar los datos para transformarlos en información y en conocimiento, esos datos no nos habrán servido para nada.

Este nuevo paradigma implica varios retos: el almacenaje y procesamiento de los datos por una parte (saber entresacar información fiable de todo ese maremagnum de datos), y el procesamiento de esta información para transformarla en conocimiento. La Ingeniería de los Datos se centra en la primera. La Minería de Datos parece centrarse en la segunda, de índole esencialmente estadística. Y la Ciencia de los Datos se centra en la tercera, que exige además otros modelos matemáticos que con frecuencia se enmarcan en la Inteligencia Artificial.

¿En qué consisten sus proyectos de investigación más destacados?

Actualmente, miembros del grupo de investigación dirigen dos proyectos del Plan Nacional de Investigación ("Técnicas de obtención, procesamiento y representación de información difusa para la toma de decisiones" y "Modelos de decisión para la logística humanitaria en gestión de desastres"), más un proyecto europeo ("GEO-SAFE") dirigido por Begoña Vitoriano.

El primero, más teórico, se centra en modelos propios de Ciencia de Datos, con procesamiento de datos, estructuración de la información y generación del conocimiento, con aplicaciones entre otros campos en el tratamiento de imágenes y el análisis de redes sociales; el segundo, más aplicado, se centra en problemas de logística humanitaria ante desastres; y, el tercero, es una especificación del segundo, centrado en emergencias por incendio, y en el que participan universidades de 12 países.

Para la transferencia, los miembros del grupo participan habitualmente en colaboraciones con empresas y otros organismos, dentro convenios establecidos con la UCM. También participamos en prácticamente todos los Grados, Másteres y Doctorados que se imparten en los Centros en los que participan sus Departamentos.

Nuestros resultados científicos, que se avanzan en congresos, con frecuencia conducen a colaboraciones que en algunos casos se plasman en artículos. En total, más de 70 artículos en revistas indexadas (JCR) durante los 4 últimos años.



FORaid

ENTREVISTA **José Luis González** Director general de la Fundación COMPUTAEX

“Queremos poner el “cultivo de los datos” al alcance de todos a través de Big Data y HPC”

Hace diez años nació en Extremadura la Fundación COMPUTAEX, cuyo objetivo es promover el desarrollo de las tecnologías de la información y el uso del cálculo intensivo y de las comunicaciones avanzadas, con especial atención a la cooperación entre los centros de investigación públicos y privados y el sector productivo.

¿Cuál fue el origen de la Fundación COMPUTAEX?

COMPUTAEX (Computación y Tecnologías Avanzadas de Extremadura) es una fundación pública, impulsada por la Junta de Extremadura, inicialmente para explotar el supercomputador LUSITANIA que adquirió en 2009, pero, sobre todo, con la intención de crear y gestionar el Centro Extremeño de Investigación, Innovación Tecnológica y Supercomputación (CénitS). Tenemos el encargo de dinamizar el sector de las tecnologías de la información y la comunicación, con el foco puesto en la investigación pero también en el sector productivo.

¿Cómo resume su actividad en estos diez años?

El resultado se ha traducido en la ejecución de 130 proyectos, algunos propios, otros en colaboración con otros centros, a los que se suman los que han utilizado nuestros servicios para llevar a cabo su tarea. Hemos captado más de 17 millones de euros en convocatorias públicas competitivas, de los cuales unos cinco millones los ha gestionado directamente la Fundación. También se han realizado más de 90 publicaciones, muchas de ellas de impacto investigador. Hoy nuestro supercomputador LUSITANIA II es cincuenta veces más potente que el de 2009. Además, en esta década la actividad de CénitS ha sido reconocida con varios galardones internacionales, nacionales y regionales.

¿Se ha convertido Extremadura en un referente de la supercomputación?

No sólo para los investigadores de Extremadura, sino también para



Infografía sobre la evolución de la infraestructura de CénitS-COMPUTAEX

los de ámbito nacional e internacional, que recurren a nosotros con frecuencia para realizar sus cálculos y sacar adelante sus investigaciones. Uno de los retos importantes que hemos conseguido ha sido la colaboración con la Red Española de Supercomputación y la constitución de una de las 29 Infraestructuras Científico-Técnicas Singulares (ICTS) de España. Todos los investigadores, emprendedores, tecnólogos o empresarios que necesitan recursos o servicios de cómputo tienen nuestras puertas abiertas. Muchos empresarios e investigadores si no contaran con este tipo de infraestructuras públicas, difícilmente podrían hacer supercomputación o proyectos competitivos, porque un supercomputador tiene unos costes muy elevados, no solamente de adquisición, sino también de gestión y mantenimiento.

¿Qué líneas de investigación se han impulsado desde la Fundación?

Tenemos tres líneas troncales: Ciencias de la Vida, Ciencias de la Tierra y Ciencias Informáticas y de las Comunicaciones. De ellas se desgajan otras, como big data, sensorización, cloud computing, agricultura y ganadería de precisión o secuenciación genética. Actualmente tenemos dos proyectos en desarrollo que nos están dando bastantes satisfacciones. Uno es HeritaGen, centrado en la herencia genética. Hemos elegido una zona de Extremadura en la que estamos ligando la genética a cuestiones como los hábitos, costumbres, com-

portamientos, el trabajo y la historia familiar, para ayudar a los genetistas a determinar si hay prevalencia de ciertas enfermedades en zonas concretas. En el futuro queremos extrapolarlo a Extremadura, a España e incluso tenemos colaboraciones para trabajar en todo el arco mediterráneo, para analizar determinadas enfermedades.

¿Y cuál es el otro proyecto?

El segundo es CultivData, que pone la supercomputación a disposición de los agricultores y de los ganaderos para que “cultiven datos”, o nos permitan cultivarlos a nosotros y puedan enfrentarse a sus cosechas desde otro punto de vista. El objetivo es que mejoren la productividad y la calidad de sus productos, e incluso el control de los precios, regar más eficazmente, utilizar menos fungicidas o enfrentarse mejor a las plagas. Estamos fabricando nuestros propios sensores que instalamos en determinadas plantaciones para obtener informa-

ción útil para la toma de decisiones. Hemos de tener en cuenta que en 2030 seremos 8.500 millones de personas y existe una demanda creciente de alimentos cuando los datos constatan que actualmente en España la superficie cultivada es la mitad que hace 50 años. Por eso queremos poner Big Data y la computación de altas prestaciones (HPC) al servicio del “cultivo” de datos agropecuarios, algo muy importante en Extremadura en la que el sector agroalimentario aporta casi el 7 % al PIB (2,5 % en España y 1,5 % en Europa).

Y ahora, ¿cuáles son los próximos retos?

En la actualidad centramos el esfuerzo en la renovación de nuestro Centro de Proceso de Datos CénitS-CPD y de sus equipos de computación que nos permitan ofrecer a toda la sociedad mejores y nuevos servicios y recursos, no sólo del ámbito de la supercomputación, convencidos de que la ciencia y la tecnología son las herramientas más importantes para enfrentarse a los retos sociales. Todo ello aporta a nuestra sociedad una oportunidad para la imaginación, para la esperanza y, sobre todo, para la superación.

Han puesto Extremadura en el mapa internacional de las TIC, pero el tren les mantiene alejados, ¿cómo les afecta esa carencia?

Estamos intentado participar de la cuarta revolución industrial cuando seguimos teniendo pendientes algunas infraestructuras de la tercera y anteriores. Extremadura cuenta con buenas autovías pero las comunicaciones aéreas y por ferrocarril son manifiestamente mejorables y ponen de relieve un evidente agravio comparativo con el resto de España. Durante años el argumento para no acometer este tipo de inversiones ha sido la falta de masa crítica (población, industria, etc.) en Extremadura, pero es palmario que no hay masa crítica, precisamente, porque no hay buenas comunicaciones. En nuestro caso particular estas carencias nos afectan por no contar con el mismo ecosistema de desarrollo que existe en otras regiones, sin embargo, las infraestructuras de CénitS están al alcance de usuarios de cualquier parte del mundo a través de redes de comunicaciones avanzadas.



Dispositivos del proyecto CultivData: Cultivo de Datos para la Eficacia y Eficiencia de Explotaciones Agropecuarias

ENTREVISTA Prof. Guillermo Pérez Director del Instituto Universitario de Estudios Europeos - Universidad de Valladolid

“Si la Unión Europea no existiera habría que inventarla”

Constituido en 1998, el Instituto Universitario de Estudios Europeos - UVA es una institución de excelencia en el campo de los estudios europeos, con más de 20 años de trayectoria. Su objetivo: contribuir al mejor conocimiento científico de los procesos contemporáneos de integración y unificación de Europa, favoreciendo la interdisciplinariedad. El Instituto de Estudios Europeos, como institución de investigación superior, está considerado como Centro de Excelencia Jean Monnet por la Comisión Europea.

¿Cuáles son las líneas de actuación fundamentales del IEE?

Las líneas fundamentales de actuación del IEE están en relación con las áreas de conocimiento a las que están adscritos sus miembros. En resumidas cuentas, por una parte, la historia de los procesos de integración europeos, con especial predilección por la relación con Iberoamérica y el intento de firmar nuevos acuerdos de asociación. Por otra parte, estaría el ámbito jurídico, esto es, todo cuanto tiene que ver con la libertad, la seguridad y la justicia: la investigación en derecho comunitario. En ese mismo aspecto, llevado al terreno económico, se estudian las políticas económicas y cómo se ha ido conformando todo el proceso europeo, desde la primitiva Comunidad Europea del Carbón y el Acero hasta hoy.

Ya se han cumplido más de 30 años de la adhesión de España a la Comunidad Económica Europea, hoy Unión Europea...

Sí, y a pesar de ese tiempo, la difusión de los valores de la Comunidad Económica Europea sigue siendo una de las asignaturas pendientes. En muchos aspectos, se produce una hinchazón de los procesos formales y de las directivas, pero se olvida en qué se fundamenta todo esto. Y esto se fundamenta en llevar a la práctica el ideal europeísta.

¿En qué se basa el ideal europeísta?

En tres ideas fuerza. La primera es la paz entre los europeos. Desde el comienzo del proceso de integración, Europa está viviendo el periodo de paz más amplio y estable de la historia contemporánea, dejando a un lado las guerras balcánicas que afectaron a un territorio muy concreto. Esto, en sí

mismo, constituye un valor fundamental: el periodo de paz más fructífero y duradero desde la modernidad hasta nuestros días, incluso de las últimas centurias.

Otra de las ideas tiene que ver con el impulso del desarrollo socioeconómico de los pueblos europeos. La Unión Europea ha impulsado el buen desarrollo de sus sociedades, tendiendo a igualar la media comunitaria de desarrollo.

La tercera idea tiene que ver con el buen gobierno democrático. Hoy en día se están produciendo situaciones que recuerdan a los años de entreguerras: la política del odio, el resurgimiento del totalitarismo y una crisis de la democracia. En este sentido, el ideal europeísta aspira a salvar la democracia en Europa occidental y, tras la caída del Muro de Berlín, también en la antigua Europa soviética. El gran éxito del buen gobierno democrático no fue solo estabilizar la democracia perdida antes de la Segunda Guerra Mundial. Cuando cayó el Muro, los gobiernos rupturistas de la Europa del Este tuvieron que homologarse de cara a su adhesión a la Unión Europea.

Todo el andamiaje europeísta se sostiene en estas tres ideas fuerza, sobre las que lamentablemente se hace poca pedagogía.

¿Cómo contribuyen a un mayor conocimiento de los procesos contemporáneos de integración y unificación de Europa?

Apoyando la investigación y también a través de publicaciones científicas. Una de las tareas primordiales a la hora de mostrar los resultados científicos de los equipos de investigación es la publicación de libros sobre el ámbito europeo comunitario y la Revista de Estudios Europeos



Jornada sobre las elecciones al Parlamento Europeo (febrero 2019)



Día de Europa (Mayo 2017)

(<http://iee.blogs.uva.es/libros/> y <http://www.ree-uva.es/>)

Igualmente, en función de las líneas de actuación de sus investigadores, impartimos cursos de especialización y formación permanente de postgraduados universitarios, ofrecemos asesoramiento científico a instituciones públicas y privadas sobre la Unión Europea y realizamos cualesquiera otras actividades de estudio y difusión de conocimientos a nivel universitario. El IEE tiene por objeto fundamental los estudios europeos y su difusión a escala local, regional, nacional e internacional.

El IEE ha consolidado un campo de actuación fundamental en cuanto a la difusión de los valores europeístas más allá del ámbito universitario. En este sentido, debemos destacar la reciente firma de un convenio de colaboración entre la Junta de Castilla y León con la pretensión de llevar a las aulas de la educación Primaria y Secundaria en toda la Comunidad Autónoma de Castilla y León los valores del europeísmo y el resul-

tado histórico de su proceso de integración.

Para llevar a cabo todas estas acciones, el Instituto prevé cooperar con organismos de igual finalidad, tanto regionales como nacionales e internacionales, especialmente con los de la Unión Europea.

A la práctica, ¿en qué se concreta su apoyo a la investigación?

Como antes comentaba, destaca la investigación y difusión de los procesos de integración europeos, en la actualidad complementados con la investigación y difusión de la acción exterior de la UE en relación a las integraciones regionales iberoamericanas: el MERCOSUR, SICA y la Alianza del Pacífico, entre otros.

También debemos destacar la investigación y difusión en el ámbito del espacio de libertad, seguridad y justicia de la UE. Dentro de los aspectos jurídicos, también se resalta la investigación y difusión del Derecho Constitucional en una doble dirección: de abajo a arriba y de arriba abajo,

España y la Comunidades Autónomas, España y la UE.

También un ámbito de investigación y difusión fundamental del IEE es todo lo relativo a la Seguridad y Defensa de la UE. Igualmente, hay que destacar la investigación y difusión de las transformaciones económicas, en especial el estudio de la integración económica y monetaria, el presupuesto de la UE, así como la arquitectura financiera y la política agraria común.

La actividad de investigación y docencia del IEE se realiza a lo largo de todo el año, aunque dada las fechas en las que estamos la actividad fundamental a realizar tiene que ver con la conmemoración del Día de Europa, que este año se celebrará en el IEE el 10 de mayo, y en el Campus de Palencia el 15 de mayo, con el hilo conductor del Brexit.

Sobre esa base, ¿en qué proyectos están inmersos?

En el ámbito de la historia de la integración europea, el proyecto “Hacer las Europas”, con especial proyección en la acción exterior de la UE hacia Iberoamérica; en el ámbito jurídico, destacan proyectos de investigación relacionados con el Espacio de Libertad, Seguridad y Justicia de la UE. Esta línea de investigación, cuenta con un GIR reconocido por la Universidad de Valladolid y una Unidad de Investigación Reconocida por la Junta de Castilla y León. Además de contar con varios módulos Jean Monnet y de la celebración del II Congreso Internacional de Jóvenes Investigadores sobre la Unión Europea, así como el XXI curso de verano sobre la Unión Europea y XVI Curso sobre políticas comunitarias.

Siguiendo en el ámbito jurídico, debemos anotar las actuaciones en el campo de la Seguridad y Defensa Europea. Otra línea de investigación, tiene que ver con el Patrimonio Cultural Inmaterial de Europa.



<http://iee.blogs.uva.es/>

ENTREVISTA **Salomón Montesinos** CEO de SM Geodim

“Empresa y universidad juntos, sumamos mucho más que dos”

Han pasado 32 años desde que Salomón Montesinos vio en la teledetección por satélite una oportunidad de negocio para mejorar la gestión de los acuíferos, las explotaciones agrícolas y los recursos geológicos. Sus sistemas y los algoritmos que ha desarrollado ya llegan a países como México, Perú, Australia o Angola.

¿Qué hace especial a SM Geodim en un mundo habituado a los satélites?

Somos decanos en las técnicas de teledetección, tratamiento digital de imagen e información geográfica aplicadas principalmente a los campos del agua, la agricultura y la geología. Nuestra singularidad fue que sacamos del contexto académico esas técnicas para llevarlas a un contexto operativo, en el que abordamos problemas reales a un coste razonable. Otra peculiaridad es que somos una pequeña empresa, casi familiar, en la que el 85% de la facturación en 2018 vino de fuera de España. Lo que nos permite abordar proyectos en todo el mundo. Es un modelo de negocio en el que nos apoyamos en otras empresas pequeñas y vamos con ellas como un *cluster*, lo que nos proporciona una especialización tremenda. Son pequeñas empresas de campos muy específicos que por sí solas a lo mejor no saldrían de España. La crisis en España ha producido una atomización, gente entre 40 y 60 años muy brillante que han montado microempresas para sobrevivir y lo que tienen es espectacular. Lo que hemos intentado es unir esas voluntades. Una tercera singularidad que me gustaría resaltar es que trabajamos en una torre medieval del siglo X

en Maluenda (Zaragoza), que hemos restaurado nosotros.

¿Cuál fue la primera aplicación que hicieron de la teledetección?

Nuestra primera aplicación fue en el contexto de los recursos hídricos, en la mejora del conocimiento de las extracciones de agua subterránea de un acuífero. En aquellos años ya existían modelos de flujo en acuíferos, pero en realidad no se tenía una idea muy clara del agua que se extraía. Lo que sí sabíamos era que estábamos en un proceso de sobreexplotación. Durante muchos años hemos hecho seguimiento mediante teledetección de los acuíferos más sobreexplotados, como el de la Llanura manchega y el Campo de Montiel en la cuenca del Guadiana. Ahora tenemos proyectos en esta misma línea en México y en Perú, porque los problemas que teníamos en España a finales de los años ochenta, ahora se reproducen en estos países en vías de desarrollo que han apostado por agriculturas intensivas.

¿De qué forma ayudan a gestionar el agua?

Hemos trabajado prácticamente en todas las cuencas hidrográficas españolas. Cuando se habla de trasvasar agua, lo primero que hay que conocer



son las necesidades, y la teledetección es una herramienta muy poderosa para saber dónde están los regadíos, cómo se distribuyen y qué consumo de agua se produce. La ventaja de la teledetección es que los satélites pasan periódicamente y podemos detectar los cultivos en regadío en cada estación, sus ciclos vegetativos, y todo eso nos proporciona un mapa de como se distribuyen los consumos de agua. Tan sólo tenemos que aplicar una dotación de agua por cada cultivo, y eso nos dice la cantidad de agua que se está extrayendo.

¿Qué aporta la línea agraria de SM Geodim?

La agricultura consume el 85% del agua en terrenos áridos y semiáridos, y nuestra relación con Adena y con organismos medioambientales nos ha llevado a buscar soluciones para hacer más eficiente el riego. Hemos desarrollado la metodología SMART, que tiene el sello de excelencia de la Unión Europea, para hacer una agricultura de precisión. Tenemos experiencias de ahorro de entre el 40% y el 60% de agua, lo que,

aparte de producir beneficios económicos, en muchos casos supone que un acuífero se pueda equilibrar con los recursos renovables.

¿Y la línea de geología?

El tema de la geología lo hemos iniciado porque el desarrollo de muchos de los países africanos pasa por la puesta en valor de sus recursos naturales. Un elemento fundamental es la cartografía geológica, pero la que tienen es de pequeña escala, mientras que un mayor detalle les permite hacer estudios hidrogeológicos y valorizar las aguas subterráneas. La teledetección por satélite nos permite ver estructuras, litologías y un montón de características de una forma muy rápida y económica. El tratamiento digital de imágenes, utilizando nuestros algoritmos, nos ayuda a extraer la información que ha captado el satélite, y después la incorporamos en un sistema de información geográfica, que nos permite combinarla con otras fuentes de datos. Todo eso nos permite convertir los datos en información y la información en decisiones, que es lo verdadera-

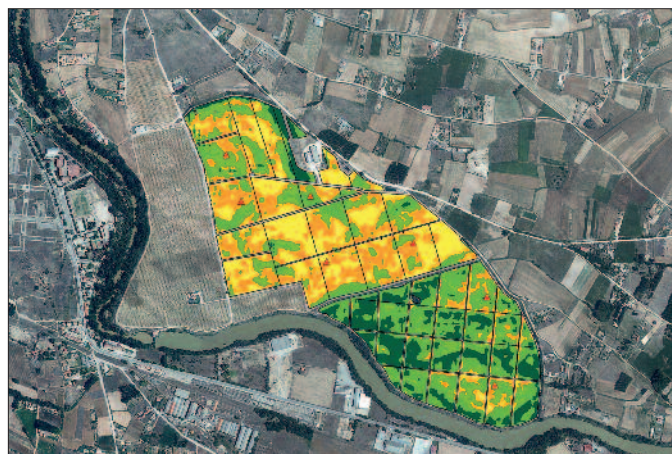
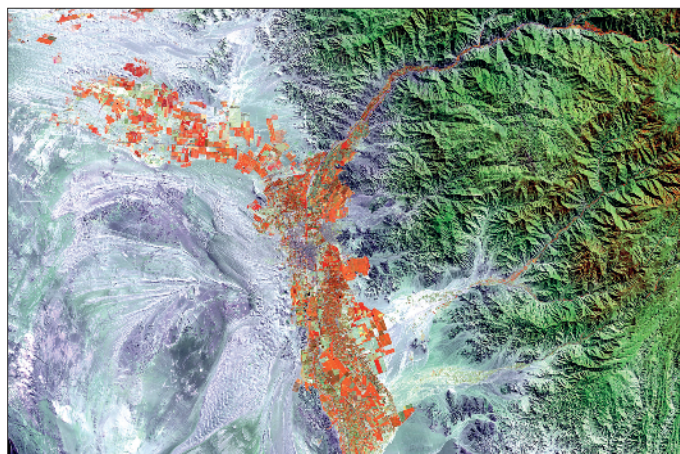
mente importante. La base fundamental de nuestro negocio es que las decisiones estén basadas en información veraz obtenida a partir de datos fiables.

¿Son desarrollos propios de SM Geodim?

En 1997 conseguimos el primer proyecto europeo en los programas marco de I+D, y desde entonces hemos hecho más de veinte proyectos europeos de I+D con los organismos e instituciones más prestigiosos de Europa. La mayoría de las veces hemos sido coordinadores de esos proyectos, porque lo que buscábamos eran grupos que nos ayudasen a convertir ese conocimiento científico en un conocimiento operativo. En la actualidad imparto clases de teledetección en varias universidades, y participo en varios Másteres de Agricultura digital, Hidrogeología y Aplicaciones de los drones a la ingeniería. Somos una empresa de I+D que nunca ha perdido esa vinculación con la universidad y con su saber hacer. Tratamos de aprovechar al máximo esa capacidad de investigación, esos conocimientos y esos nuevos desarrollos, pero siempre llevándolos a un problema real y a un coste que alguien pueda pagar. Por eso, empresa y universidad juntos, sumamos mucho más que dos.

¿Cuáles son los próximos retos que van a afrontar?

Aunque siempre hemos tenido vocación internacional, fue cuando nos contrató una multinacional italiana, en 2012, cuando vimos nuestra capacidad de trabajar fuera de España. Ahora estamos en un plan de expansión mundial. Estamos desembarcando con proyectos piloto muy importantes, y de lo que se trata es de que se conviertan en servicios recurrentes, porque una vez que estableces un control sobre un acuífero o implantas una agricultura de precisión, hay que mantenerlo a lo largo del tiempo.



ENTREVISTA Mercedes García-Arenal Coordinadora del proyecto “El Corán Europeo”

“Queremos conocer el papel del Corán en la formación de la cultura de Europa occidental”

Mercedes García-Arenal es una historiadora del Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CCHS) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) que coordina y dirige el proyecto Synergy “El Corán Europeo”. Hemos hablado con ella sobre su trabajo y sobre los retos que afronta la investigación en el ámbito de las humanidades.



Ciencias Sociales del país, la biblioteca Tomás Navarro Tomás.

¿Quién es el destinatario de la investigación que realizan?

Fundamentalmente, la comunidad científica, que recibe los frutos de nuestro trabajo a través de la publicación de artículos en revistas especializadas. Desde hace algún tiempo estamos incidiendo también en otros foros para hacer visible nuestro trabajo. Hablo de revistas cultas, de la edición de libros y artículos de opinión o, a otro nivel, de la organización de actividades como la semana de la ciencia, la realización de charlas a alumnos de instituto o la formación del profesorado de secundaria. Todas estas acciones son importantes porque la sociedad acostumbra a no tener consciencia del trabajo de los investigadores de ciencias sociales y humanidades. Suele asociarse la investigación a las ciencias puras y es preciso divulgar nuestro trabajo para despertar el interés de los estudiantes.

¿Por qué ocurre eso?

Porque tradicionalmente hemos tenido dificultades a la hora de formular ideas que la gente interprete que pueden aplicarse



de forma fácil e inmediata. Además, hemos pecado de conservadores y de creer que no hacía falta acceder al público, algo que es un error. La investigación en ciencias sociales y humanidades necesita financiación y esta debe llegar a través de la visibilidad que da la internacionalización de nuestro trabajo.

¿Con proyectos como “El Corán Europeo”?

Así es.

¿En qué consiste?

Es un proyecto que ha recibido una beca Synergy del Consejo Europeo de Investigación (ERC), un tipo de financiación que requiere equipos multidisciplinares e internacionales y que pocas

veces de otorga en el ámbito de humanidades y ciencias sociales. En este caso, “El Corán Europeo” está coordinado por nosotros y cuenta con la participación de investigadores de Italia, el Reino Unido y Francia.

¿Cuál es el objeto del proyecto?

A lo largo de los seis años de duración del proyecto, lo que buscamos es analizar el papel que tuvo el Corán en Europa desde la Edad Media hasta la Ilustración. Lo que haremos será estudiar cómo utilizaron ese libro sagrado los europeos de distintas épocas y lugares y también analizar el uso y la interpretación que del texto coránico hicieron otras religiones en Europa, como el judaísmo, así como diversas corrientes religiosas tales como antitrinitarios, deístas o unitarios.

Y la relación del Corán con Europa...

Lo que proponemos es un proyecto que permita conocer mejor el papel que jugó el Corán en la formación de la cultura, la religión, los estudios y la política de Europa occidental. Hablamos de Corán Europeo porque es la forma de subrayar que el libro no es ajeno a la historia intelectual europea, sino todo lo contrario: es preciso desvelar toda esa historia común y colaborar así a romper la imagen que se tiene del Corán como algo extra-



ño y amenazador para la sociedad occidental. Creemos que con este trabajo podremos estudiar aspectos como la historia compartida del cristianismo, el islam y el judaísmo, el papel del Corán en la construcción y deconstrucción de los límites entre estas religiones, el rol del libro sagrado del islam en el nacimiento de la Ilustración en Europa o las transformaciones que experimentan los libros sagrados a lo largo del tiempo con las traducciones, copias o interpretaciones.

¿Cómo se transmitirá el resultado del proyecto al público?

La intención es llegar más allá del mundo académico, para lo que proponemos varias acciones. Una de ellas es organizar escuelas de verano que permitan a los futuros investigadores —europeos y no europeos— explorar distintos aspectos del Corán europeo. También desarrollaremos material pedagógico en colaboración con asociaciones de docentes y tenemos pensado comunicar nuestros hallazgos de la forma más potente posible. En este sentido, durante el último año de “El Corán Europeo” organizaremos exposiciones que se llevarán a cabo en los principales museos y bibliotecas de Nantes, Londres, Budapest y Madrid.

¿Qué ventajas aporta la unión de disciplinas diferentes?

Para empezar, permite unir las diferentes líneas de investigación que los diferentes grupos de cada uno de los institutos llevaba a cabo. Pero, por encima de eso, lo que facilita es la interacción entre ellos, de manera que el enfoque de cada proyecto se realiza desde un prisma global y transversal donde participan investigadores de las distintas disciplinas. Por otro lado, la creación del CCHS permitió crear la mayor biblioteca especializada en el área de Humanidades y

