

LA CIENCIA QUE ESCONDE EL PATRIMONIO CULTURAL ANDALUZ

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

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

Diagnos y tratamiento de las microalgas.



Restauración con la patente de mortero en la Alhambra.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



Investigadora consultando legajos en el archivo de la Alhambra.

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

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

Patrimonio subacuático

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

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

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

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

Investigador del CAS, con un detector de metales.



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

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

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

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

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

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

Estopa de cabos tras su plastinación.



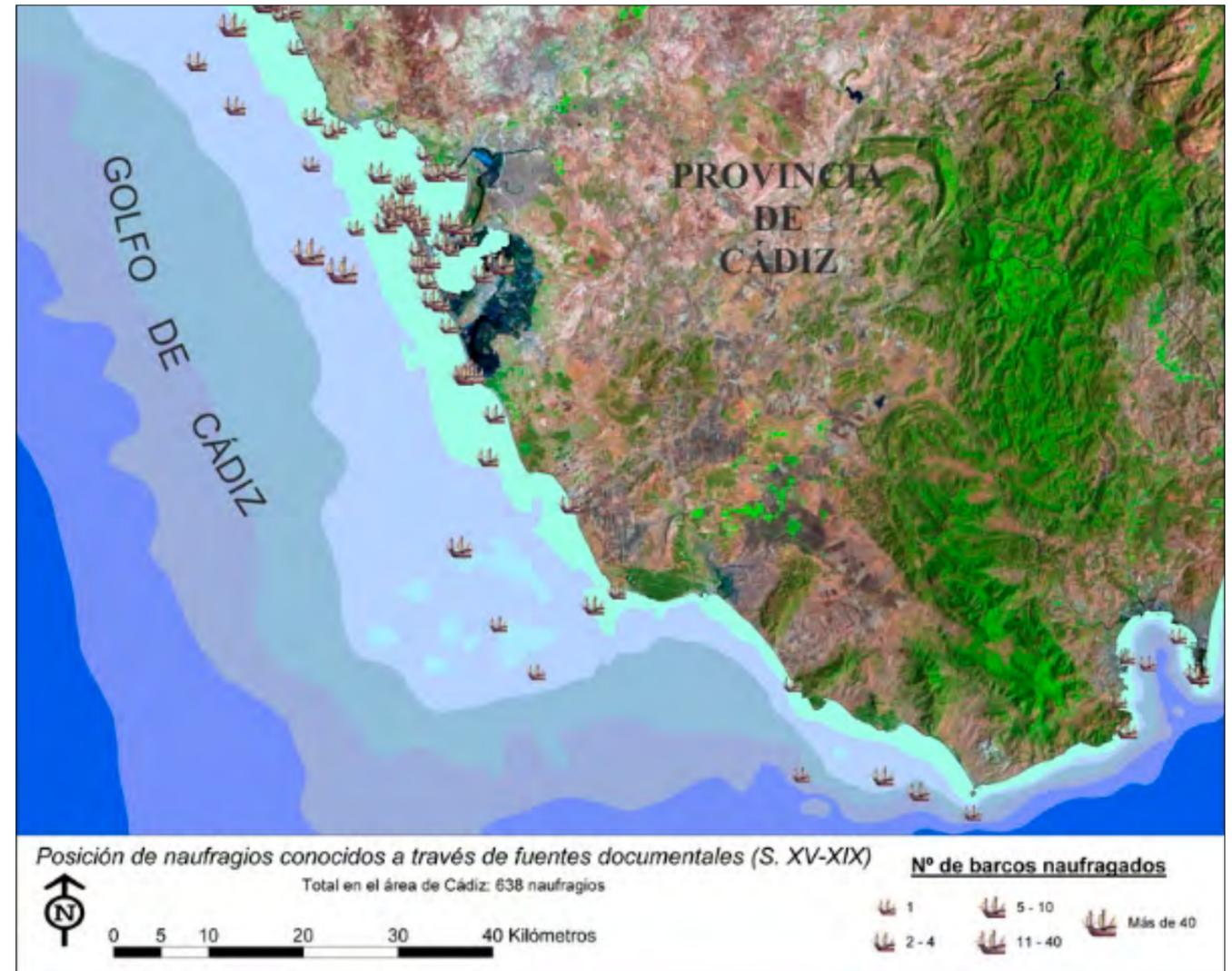
En su apuesta por la investigación y la utilización de nuevas técnicas para la conservación del patrimonio, el Centro cuenta con proyectos de colaboración como el que llevó a cabo con el Departamento de Química Analítica de la Universidad de Málaga (UMA). Es el caso del proyecto LIBS o espectroscopia de plasmas inducidos por láser, una de las pocas técnicas de análisis químico que permite la caracterización “in situ” del patrimonio sumergido. La utilidad de LIBS en arqueología ha sido ampliamente demostrada, permitiendo el diseño de equipos remotos. “Esta técnica nos permite caracterizar la pieza y conocer, de forma cuantitativa y cualitativa, los materiales que la componen. Así podemos saber qué medidas hay que tomar si quiero conservarlo in situ, bajo el agua”.

Tras alcanzar un tiempo sumergida, la pieza llega a un cierto equilibrio. “Aunque podamos creer que vamos a ver un cañón en el fondo del mar perfectamente identificado, esto no es cierto. La mayor parte de las veces parecen rocas”, indica. Esos cañones están cubiertos de una concreción calcárea y es eso mismo lo que le defiende del medio. “Los ‘cazatesoros’ precisamente rompen esa capa para comprobar si el cañón es de hierro o bronce y eso rompe el equilibrio al que ha llegado la pieza sumergida y que la protege”, añade.

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

Una amenaza conocida y un reto por cumplir

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



Naufragios en el Golfo de Cádiz.

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

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

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

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



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

Fernando Bolívar Galiano / Foto: Gaetano Alfano.

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

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

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

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

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

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

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

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

Las microalgas y otros organismos han demostrado su capacidad de

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

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

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

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



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

¿En qué fase se encuentra actualmente el proyecto?

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

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

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

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



Fernando Bolívar, en el laboratorio.

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

Ciencia y Arte

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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