

TOMÁS TORRES Y SU IMPULSO A LOS MATERIALES MOLECULARES Y NANOCIENCIA EN ESPAÑA

M. Salomé Rodríguez-Morgade

Profesora Titular de Química. Universidad Autónoma de Madrid

1. TOMÁS TORRES Y LOS MATERIALES MOLECULARES

La Sociedad Alemana de Química (Gesellschaft Deutscher Chemiker, GDCh) ha otorgado el premio *Hermanos Elhuyar – Hans Goldschmidt* de este año al Profesor de nuestra universidad D. Tomás Torres Cebada. Tomás Torres es Director del Instituto de Investigación Avanzada en Ciencias Químicas (IAdChem), Catedrático de Química Orgánica de la Universidad Autónoma de Madrid y Científico Senior Asociado de Instituto IMDEA-Nanociencia. El trabajo del Prof. Torres es ampliamente reconocido por la comunidad científica internacional, participando en los consorcios más importantes que se establecen a nivel nacional e internacional en su área. Su labor había sido reconocida previamente con sus dos investiduras como *Dr. Honoris Causa* por la Ivanovo State University, Rusia, en 2009 y por la Universidad Miguel Hernández de Elche en 2016, así como con el *Premio de Investigación y la Medalla de Oro de la RSEQ* (2013), el *Linstead Career Award in Phthalocyanine Chemistry*, por la Sociedad de Porfirinas y Ftalocianinas (SPP) (2016) y el *Premio Miguel Catalán* de la Comunidad de Madrid (2017).



Tomás Torres Cebada

El Prof. Torres ha sido uno de los *pioneros* en la creación en España de una comunidad interdisciplinar en el área de los *Materiales Moleculares*. Así, implantó en la UAM ya en 1990, una asignatura de doctorado con este nombre, que se corresponde con la asignatura obligatoria actual del Grado en Química “*Ciencia de Materiales*”. Asimismo, en colaboración con otras seis universidades, creó en 2008 en la UAM el Máster de Nanociencia y Nanotecnología Molecular que coordina actualmente, el cual integra a químicos especializados en el área, además de físicos experimentales y teóricos de Materiales y Superficies.

La Ciencia de los Materiales es un área interdisciplinar que requiere de la química, para el diseño y la preparación de nuevos materiales, de la física, para el estudio y desarrollo de sus propiedades, y de la ingeniería, para su adaptación y aplicación industrial. Este campo de conocimiento crea moléculas con funcionalidades físicas, químicas o biológicas de especial interés,

relacionando las cualidades macroscópicas de la materia con sus propiedades a nivel atómico y/o molecular y su microestructura de fases. Así, se puede influir en las propiedades de la materia desde un nivel fundamental y llevar a cabo el diseño y fabricación de materiales con unas propiedades “a medida”, mediante la modificación de las unidades estructurales que los forman. Por ejemplo, en el ámbito de la Nanociencia, un camino hacia la miniaturización de los dispositivos electrónicos y la fabricación de unidades más rápidas, eficientes y pequeñas que las actuales basadas en el silicio, requiere el desarrollo de una electrónica molecular, basada en moléculas o materiales moleculares específicamente diseñados para realizar funciones electrónicas.



*Tomás Torres, Dr. Honoris Causa por la Universidad Miguel Hernández de Elche.
A la derecha, su esposa Juliana y sus hijos Ana Isabel y José Luis.*

2. SU BIOGRAFÍA ACADÉMICA, CIENTÍFICA Y PROFESIONAL

Tomás nació en Madrid a principios de los años cincuenta y creció en el madrileño barrio de Pacífico. Estudió bachillerato en el Colegio Virgen de Atocha de los Padres Dominicos, donde adquirió las bases de una formación sólida que, según él, fue determinante en su devenir posterior. Quizás otro de los determinantes en su futuro fue un juego de química llamado “Cheminova” que recibió a los 14 años, como regalo de su prima Isabel. El Cheminova pudo también haber decantado su elección años después, cuando fue a matricularse en una flamante Universidad Autónoma, ya que relata que no sabía muy bien qué estudios seguir, y que podría haber estudiado cualquier cosa. En la universidad conoció y entendió la química en profundidad, y le apasionó.



*Primera foto de grupo en la UAM (1986). De izquierda a derecha, Fernando Fernández,
Tomás Torres, José Manuel Alonso, Carmen Ortega, Jesús Ontoria y Salomé Rodríguez*

Su formación investigadora comenzó con su Tesis Doctoral sobre la Síntesis Orgánica de Antraciclinoas, bajo la dirección del Prof. Francisco Fariña, en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, en Madrid. En este periodo descubrió que la Síntesis Orgánica era “lo suyo”. Tras doctorarse en Ciencias Químicas por la UAM (1978), realizó una estancia postdoctoral durante más de 2 años en Alemania, bajo la supervisión del Prof. Wolfram Schäfer, como becario

Max-Planck, en el Instituto Max-Planck para Bioquímica, en Munich. Fue allí, en Prien am Chiemsee, donde conoció a su mujer, Juliana Leão-Coelho. Además, durante su estancia en Alemania, descubrió más coincidencias que diferencias entre españoles y alemanes, adquiriendo su característica organización y rigor en sus planteamientos, y llegando a la conclusión de que con el método adecuado, podríamos hacer lo mismo que ellos.

Ya de vuelta en España, trabajó durante cuatro años como investigador en el Departamento de Química, en la empresa Abelló, SA / Merck, Sharp & Dohme, en Madrid. Los conocimientos adquiridos en la gestión y la propiedad intelectual durante este período constituyen lo que él ha dado en llamar “su mejor postdoc” y los ha aplicado de manera sistemática en su etapa académica posterior. En 1985 obtuvo una plaza de Profesor Titular en la UAM, y en 2000 fue promocionado a Catedrático.

Al poco tiempo de incorporarse a la UAM, Torres fundó un grupo de investigación pionero en Materiales Moleculares y Química Supramolecular de *porfirinoides* y nanoestructuras de carbono. La investigación del grupo, constituido actualmente por 30 personas, se ha centrado en la búsqueda de materiales moleculares basados en *ftalocianinas*, que pudieran unir sus características (gran versatilidad sintética, procesabilidad, biocompatibilidad,...) con sus singulares propiedades físicas (conductoras, ópticas y magnéticas).



Investidura de Tomás Torres como Dr. Honoris Causa por la Universidad de Ivanovo (Rusia, 2009)

Las ftalocianinas son pigmentos análogos de las porfirinas, que presentan una fuerte absorción de luz en el visible, lo cual representa un valor intrínseco para muchas aplicaciones tecnológicas. Pero a diferencia de las porfirinas, omnipresentes en la naturaleza y seleccionadas por ella como moléculas clave para su mediación en funciones vitales tales como la fotosíntesis (clorofila), el transporte de oxígeno y dióxido de carbono en la sangre (hemoglobina), la gluconeogénesis, o la síntesis de ácidos nucleicos (cobalamina), las ftalocianinas son pigmentos de origen sintético. La ubicuidad natural e importancia funcional de las porfirinas, unidas a las cualidades diferenciales de las ftalocianinas, han estimulado gran interés en estas familias de pigmentos con vistas a sus aplicaciones tecnológicas. El campo de los Materiales Moleculares en 1990 era un territorio inexplorado en gran medida, en la interfase entre la química y la física, y estos materiales representaban una de las bases de las tecnologías electrónicas emergentes. Torres, viniendo de un área clásica de síntesis orgánica y partiendo prácticamente de cero en esta área, consiguió *correlacionar el diseño molecular con sus propiedades, a través de la síntesis orgánica*. Sus estudios han permitido procesos iterativos para la optimización de las propiedades físicas de estos materiales y de sus aplicaciones, en áreas de transferencia de energía y de electrones, así como en fotovoltaica molecular.

El interés de Tomás en el campo de las ftalocianinas se inició con el estudio de sus *propiedades ópticas no lineales* allá por los años 90. Cabe destacar de esta época el descubrimiento de que las subftalocianinas, análogos más pequeños de las ftalocianinas, eran capaces de generar segundo

armónico, con mejor eficiencia que la descrita hasta ese momento. La colaboración en este periodo con el catedrático de nuestra universidad Fernando Agulló fue decisiva.

Desde finales de los años 90 hasta la actualidad, una buena parte de la investigación se ha centrado en el estudio de las *propiedades dador-aceptor* de las ftalocianinas en sistemas multicomponente. Como “pareja” de las ftalocianinas, se han estudiado multitud de subunidades foto- y electroactivas, pero preferentemente nanoestructuras de carbono, como fullerenos, nanotubos de carbono, grafeno y fullerenos endohédricos. Cabe destacar también en este periodo el desarrollo de la química de subftalocianinas, área en que el grupo de Torres ocupa el primer lugar a nivel internacional. Para un resumen de los principales hitos alcanzados véase: *Chem Rev.* 2014, 114, 2192 (subftalocianinas) y *Chem. Rev.* 2010, 110, 6768 and *Adv. Ener. Mater.* 2017, 1601700 (nanoestructuras de carbono). Desde mediados de la década pasada el grupo ha dirigido su atención a la incorporación de ftalocianinas en *células solares*, habiendo impulsado grandes avances en la aplicación de estos colorantes en este campo.



Foto de la izquierda: De izquierda a derecha, Michael Cook, Roeland Nolte, Helma Nolte, Michael Hanack y Dieter Woehrle, investigadores principales de los primeros proyectos europeos en ftalocianinas.

Foto de la derecha: Fernando Agulló en su despacho.

Este tema es actualmente un tema candente en ciencia interdisciplinar en el ámbito de las energías renovables, en el que el Tomás tiene un compromiso personal. Dentro del área de las células híbridas (células Grätzel) cabe destacar el hallazgo del fenómeno de catálisis de recombinación, que tiene lugar durante el proceso de inyección electrónica, además de la preparación de ftalocianinas con las máximas eficiencias descritas hasta esos momentos, el uso de sistemas transmisores de energía basados en ftalocianinas para incrementar la absorción de luz, y el desarrollo de células inversas. *Tomás Torres es hoy uno de los principales expertos del mundo en la aplicación de ftalocianinas en Fotovoltaica Molecular.* Durante la última década, en su laboratorio se han producido una serie de ftalocianinas (las llamadas *TTs*) especialmente adaptadas para su integración en células fotovoltaicas. Concretamente, el compuesto denominado *TT1* representó en 2007 un avance considerable en los dispositivos fotovoltaicos basados en ftalocianinas y se ha convertido en referencia obligada en el campo.

También se han hecho avances muy importantes en el uso de moléculas pequeñas de tipo subftalocianina como alternativa a los derivados de fullereno C_{60} , como aceptores en células solares orgánicas. Ambos descubrimientos han sido protegidos por patentes internacionales y la última ha sido transferida al prestigioso Inter-Micro-Electronica Centrum (IMEC, Bélgica). El grupo de Tomás Torres también ha publicado el uso de subftalocianinas aceptoras en células de heterounión masiva con los valores más altos hasta ahora descritos, y ha descrito el uso de ftalocianinas como transportadores de huecos (HTM) en células fotosensibilizadas por perovskitas, con una eficiencia record del 17,5%.

Más recientemente, el grupo ha participado en dos proyectos europeos, CosmoPhos y SO2S, en el área de *nanomedicina* (Terapia Fotodinámica), en el que las ftalocianinas se utilizan como fotosensibilizadores para la generación de oxígeno singlete. Así, la UE ha financiado un proyecto "Novel nanotechnology-enabled system for endovascular near-infrared targeted photodynamic therapy of atherosclerotic heart disease", en el cual el grupo de la UAM juega un papel crucial en la preparación de fotosensibilizadores unidos a nanopartículas. Los resultados obtenidos en el tratamiento de la aterosclerosis en animales, empleando híbridos de ftalocianina-dendrímico, son extraordinarios y el proyecto está a punto de entrar en fase clínica I. Se han solicitado dos patentes internacionales [*PCT/EP 16168476.6, 2016* y *PCT/EP16177001.1, 2016*], y otras dos están en proceso. También se han hecho grandes avances en la encapsulación de ftalocianinas en nanopartículas de capsides virales, su organización en cajas proteicas y en el uso de subftalocianinas en terapia fotodinámica del cáncer.

La actividad científica del grupo de Tomás no sólo es reconocida por investigadores del campo de los porfirinoides, sino por otros muchos científicos provenientes de áreas tales como la fotovoltaica molecular y la óptica no lineal. Tiene cerca de 500 publicaciones (21581 citas, 47,12 citas por artículo) y 43 patentes (29 licenciadas), posee un *índice H* (WoS) de 77, y está entre los 5 químicos más citados de España durante los últimos 11 años (908 en el mundo) (ISI Web of Knowledge, 15/3/18).

3. EL LÍDER Y GESTOR

Todo este desarrollo sólo es posible mediante una combinación de *creatividad científica* y *grandes dotes de gestión*. Por una parte, para gestionar un grupo grande, de unas 30 personas de distintos orígenes, –léase, España, Francia, Italia, Grecia, Alemania, Bélgica, Portugal, Colombia, Méjico, Argentina, El Brasil, Los Estados Unidos, Japón, Bulgaria, Rumanía, El Canadá, Turquía, Irán, Egipto, Polonia, Dinamarca y Rusia– hace falta una persona con excelente don de gentes y por supuesto, una *capacidad extraordinaria para atraer financiación*. La última es imprescindible en un país como el nuestro, donde los fondos públicos destinados a la investigación siempre han sido escasos, y la financiación privada, prácticamente inexistente. En este sentido, Torres ha participado como IP en más de 50 proyectos financiados por instituciones públicas (MINECO, Comunidad de Madrid y UE). En particular, en los últimos 10 años, el grupo ha sido financiado con 10 proyectos de la UE y 12 más de otros organismos internacionales y nacionales en el ámbito de las células solares orgánicas.



Izquierda: Foto del grupo de investigación representando un análogo de ftalocianina.
Derecha: Una foto más reciente del grupo (2015)

Por otra parte, ha establecido colaboraciones con la industria, a niveles tanto nacional como internacional, trabajando como asesor científico y experto en temas de patentes para diversas compañías farmacéuticas, y también a través de proyectos de I+D con empresas tales como Kimberly-Clark, Glaxo-Wellcome plc, Vivastar AG, y Antibióticos SA, entre otras. Por último, ha sido cofundador, y es socio, de "NanoInnova Technologies" (2008-), una empresa spin-off del Parque Científico de Madrid, dedicada al diseño, desarrollo y comercialización de instrumentación y

superficies nanoestructuradas. Esta empresa ha recibido el "VI Premio al Emprendedor Universitario", el "Premio Fundación 3M y CIADE 2008 al mejor proyecto en Ciencia y Tecnología", y el "Premio Madri+d 2008 a la mejor idea de negocio basada en la tecnología científica".

A nivel personal, los que conocemos a Tomás sabemos que tiene *grandes dotes de líder y un don de gentes extraordinario*, que le abre muchas puertas. A Tomás le gusta estar con la gente y como estas cosas suelen ser recíprocas, a la gente le gusta estar con Tomás. Es un tipo divertido y un gran conversador, que es capaz de entretener desde a un profesor alemán, hasta a un japonés, o a un ruso, pasando por un colega de Toledo. Tiene ocurrencias que la gente recuerda año tras año en cada congreso y en cada reunión. Esta no es una cualidad menor si uno desarrolla investigación en un área multidisciplinar y tiene que interaccionar con expertos de otras áreas. También puede ayudar a la hora de elegir un director de tesis, o no digamos un postdoc. De hecho, *Tomás ha creado escuela*, habiendo supervisado 50 doctorandos, además de recibir a más de 35 investigadores postdoctorales. De todos sus doctorandos, varios son hoy Profesores Titulares o Catedráticos en diversas universidades españolas y extranjeras, otros son investigadores del CSIC y otros ostentan puestos relevantes en la industria, o son emprendedores.

Por último, todo este desarrollo es el resultado de una enorme *inversión de tiempo*. Tomás siempre dice que tiene mucho que hacer, pero nunca parece tener prisa. Es terriblemente generoso con su tiempo, ya sea para escuchar a la gente en su despacho, o para agasajar y acompañar a los profesores importantes, o no tan "importantes", que nos visitan, o a los estudiantes que llegan y se van de nuestro grupo. Y por supuesto, esto no habría sido posible sin el apoyo incondicional de su esposa Juliana y sus hijos José Luis e Isabelita.

Este artículo es un reconocimiento a la labor de "toda una vida científica", a la aportación excepcional de Tomás a la química española, situándola con sus contribuciones al más alto nivel internacional, e impulsando el prestigio de nuestra universidad, tanto en investigación, como en su capacidad para la formación de profesionales.