

ACADEMIA DE CIENCIAS DE LA REGIÓN DE MURCIA

JUGANDO CON LA LUZ

Discurso de Ingreso leído por el Académico Electo

Ilmo. Sr. Dr. Miquel Cabrerizo Vilchez

en el acto de la Sesión Solemne de Toma de Posesión como
Académico Correspondiente, celebrado el día 20 de octubre de 2022 y

Y discurso de contestación de los Académicos de Número

Dres. Ángel Ferrández Izquierdo y Rafael García Molina



Academia
asociada al
Instituto de
España





Academia de Ciencias de la Región de Murcia

Jugando con la luz

Discurso de ingreso leído por el Académico Electo

Ilmo. Sr. Dr. Miguel Cabrerizo Vílchez

en el acto de la Sesión Solemne de Toma de Posesión
como Académico Correspondiente celebrado
el día 20 de octubre de 2022

Y discurso de contestación de los Académicos de Número

Dres. Ángel Ferrández Izquierdo y Rafael García Molina

Murcia 2022





Este discurso se ha impreso con financiación y colaboración de la Dirección General de Investigación e Innovación Científica, dependiente de la Consejería de Empresa, Empleo, Universidades y Portavocía de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra sin contar con autorización de los titulares de la propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (arts. 270 y ss. del Código Penal).

© Academia de Ciencias de la Región de Murcia, 2022

© Miguel Cabrerizo Vilchez

ISBN: 978-84-09-45036-7

Depósito Legal: MU 986-2022

Impresión: Compobell S.L., Murcia

**Discurso de ingreso del
Académico Electo
Dr. Miguel Cabrerizo Vílchez**

Excmo. Sr. Presidente de la Academia, Ilmo. Sr. Secretario, Ilmos. Sras. y Sres. Académicos.

Querida familia, Señoras y Señores.

Primera Parte

Permítanme, para comenzar reproducir, una frase del polifacético D. José Echegaray Eizaguirre, ingeniero, dramaturgo, político y excelente matemático, Premio Nobel de Literatura y fundador de la Sociedad Española de Física y Química y de la Sociedad Matemática Española. También fue presidente de Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales: “No hay historia de la ciencia en España, aquí no hubo más que látigo, hierro, sangre, rezos, braseros y humo.”

La peor parada sin duda fue la parte experimental de la ciencia. Y sin pretender ser un “salvapatrias”, toda mi carrera universitaria, tanto de investigación como de docencia y divulgación, la he dedicado a esta parte de la física.

Mi enorme agradecimiento a mi familia, Encarna, Miguel Ángel, Isaac, Ángeles y Gema. Y a mi familia de antes, incluyendo a D. Plácido Reyes Calvente.

En este punto, y no es sólo mi agradecimiento obviamente a mi madre y a mi padre por traerme a este mundo, que cada vez nos gusta menos, sino porque mi padre y Plácido fueron mis maestros, como en los seminarios, los de los curas, 24 horas al día todos los días del año. Así con diez o doce años, sabía lo que era una expansión adiabática, y que era bajar el punto crioscópico de una salmuera de cloruro cálcico, o medir densidades con una balanza de Mohr-Westphal, que he olvidado y aprendido unas cuarenta veces, todos los años que he dado prácticas, que han sido

muchos. También aprendí que la carga de una pila no se mide con un voltímetro, y cómo hacer un divisor de tensión para montar un fotomultiplicador, que eran las cosas que hacíamos por las tardes cuando volvía del instituto. Por esa época, teníamos una fábrica de hielo y una heladería. Cada verano teníamos que montar hasta 6 frigoríficos con diferente temperatura, unos para conservación y otros para congelación, a partir de un compresor de freón único, del que salía incesantemente, un chorrito de agua caliente, el segundo foco de una máquina térmica. También instalamos unos detectores de rayos cósmicos en el pico del Veleta de Sierra Nevada. Utilizo el plural porque yo torneé unos conos macizos de aluminio para las antenas, por supuesto calculadas por D. Plácido. Y así, montamos diferentes gamma cámaras, de las que recuerdo, en especial, un colimador hecho en plomo que tenía del orden de 2800 tubitos de 2 mm de diámetro dispuestos en panal de abeja, lo que le confería al sistema una gran resolución, mejor que los de Hewlett-Packard. Por otra parte, fue muy interesante aprender que eran los colores metámeros de las explicaciones de mi padre cuando construía un colorímetro, para la tesis del profesor Enrique Hita. El mencionado profesor, ya jubilado, fue años después impulsor de los estudios de óptica en Granada.

Se puede decir que desde mi más tierna infancia he estado ligado de alguna forma a la investigación que se ha hecho en el departamento de Física de la UGR. Por ejemplo, la membrana, que, accionada por un electroimán, hacía la expansión en una cámara de Wilson, año 1956/57, tras muchas pruebas con diferentes materiales (los que hubiera en aquellos años aún de gran escasez de casi todo), lo único que funcionaba era una lámina de látex que usaba mi madre para envolverme por encima de los pañales para que no mojara la cuna. Mérito que, a pesar de haber sido de mi progenitor, se atribuyó el catedrático de turno.

Así continuó este aprendizaje todos los años de mi bachillerato y parte de mi carrera en Ciencias Físicas. Estas enseñanzas, y por supuesto las que recibí en la licenciatura, me habilitaron para desarrollar mi carrera investigadora y docente. He diseñado y construido un sinnúmero de instrumentos para el estudio de coloides e interfaces, que es a lo que me he dedicado, siempre desde un punto de vista experimental. He impartido casi siempre asignaturas relacionadas con la física experimental.

A lo largo de los años he encontrado muchas personas unas que restan y otras que suman. De entre estas últimas quiero destacar al Profesor Roque Hidalgo, jefe del grupo de investigación y que siempre me apoyó y que siempre confió en mi especial forma de interpretar el universo, recientemente jubilado. Suma, y mucho, el profesor Ángel Delgado, le falta poco para jubilarse, pero sigue dispuesto a echar una mano en lo que sea. También fueron muchas las personas que confiaron en mí para que dirigiera su tesis doctoral: Antonio Martín, Omar Elgolabsouri, Mustafa Zarrouk, Julia Maldonado, Miguel Ángel Rodríguez, Adrián Velázquez, Juan Ignacio Rosales, Carmen Moraila, Ramez Zahran, Hartmut Wege, Antonio Fernández, Artur Schmitt, Felipe II Guerrero, Miguel Ángel Fernández, Laura Ceballos, Jadira Sánchez, Diego Nogueras, Juan Antonio Holgado, Ramón Torregrosa, Francisco Martínez, Javier Montes, Pedro Gea, Giuseppe Mazaglia, José Arturo Aguilar, Amparo Mendoza, Jeanet Simancas y Pablo Ibañez. De todas ellas aprendí algo y espero haberles ensañado algo también.

Como habrán comprobado, en los párrafos que preceden, lo mío no son las artes literarias; les puedo garantizar que tampoco lo son las musicales ni las plásticas. Sin embargo, mi formación en física experimental me ha permitido hacer experimentos con un cierto enfoque, las más de las veces epatante. Año tras año he

coleccionado los que juzgaba útiles para ilustrar empíricamente mis cursos de Física General, Mecánica, Termología y por supuesto Técnicas Experimentales, que es la asignatura que más cursos he impartido. Para mi sorpresa, este reiterado afán ha sido el germen de la llamada Física Recreativa, una asignatura, libro, colección de experimentos, página web, colección de carteles, etc., que reúne un variado catálogo de sorprendivos experimentos ubicados en el ámbito que va desde el hecho físico puro a la experiencia cotidiana.

He pretendido que las experiencias programadas sean sugestivas y sugerentes, para captar con prontitud la atención del estudiante. En suma, han de pretender educar y atraer con sus ingredientes paradójicos y lúdicos. Sin duda, el valor educativo sería evidente si los estudiantes cayeran en la tentación de proponerlas en familia y obtuvieran éxito, contribuyendo a la reeducación generacional.

Creo que esta actividad es una de las razones por la que los profesores Isabel Saura, Ángel Ferrández y Rafael García me han propuesto como Académico Correspondiente. Sé de Isabel que es una química organometálica de notable relevancia internacional, cuyas virtudes pudieron comprobar, en este mismo escenario, cuando su toma de posesión. Ángel, gran mecenas de las ciencias, y Rafa, con el que he compartido la gran aventura de llevar la Física Recreativa por España y gran parte de Europa, y que, en este trabajo autodidacta, muchas veces fue la referencia para explicar con rigor los no siempre sencillos fenómenos que poníamos de manifiesto en los aparentemente simples experimentos. Simples de realizar, no necesariamente de explicar y entender. Pensemos por ejemplo en el barquito POP POP, ese barquito de vapor, que haciendo ese sonido navega. Contra todo pronóstico tiene una explicación vectorial.

En relación con esta actividad, y a alguna de las personas que he conocido en el ejercicio de la misma, les voy a contar una curiosa anécdota: No sé si el tiempo es homogéneo o no, pero la sensación que tenemos del mismo no lo es y mucho menos con la pandemia. Hará como 10 o 16 años, me invitaron a forma parte de un tribunal de tesis en la universidad gallega. Cuando entra en la sala otro de los miembros del tribunal, me pregunta “¿Y tú que haces aquí?, ¿pero tú investigas?” Estaba sorprendido de que tuviera currículum suficiente como para formar parte de tan selecta comisión. Ya no recuerdo si le mandé el CV, o le hice caso a mi mujer, que siempre me recomienda no contestar a las provocaciones.

Retomando las razones que han motivado a esta noble institución a hacerme académico correspondiente, he de comentarles que desde los primeros años a los que me dediqué a esto de la *Física Recreativa*, fueron numerosas las veces que vine a esta región, especialmente al centro de profesores y recursos de Lorca, dirigido entonces por el profesor Ricardo Alarcón y donde encontré un grupo de jóvenes y entusiastas profesores, acompañados de un entregado personal de apoyo. Primero impartí varios cursos y luego durante muchas ediciones participé en la Feria del Estudiante. Por otro lado, he tenido el privilegio de participar en varias ediciones de la Feria de la Ciencia aquí en Murcia.

No quiero dejar pasar esta ocasión sin mencionar los concursos *Physics on Stage* y su correspondiente versión española *Física en Acción*, que, hasta su reciente jubilación, dirigió Rosa María Ros. Esta iniciativa ha supuesto un cambio de paradigma en lo referente a la enseñanza de la Física y ha ensalzado su aspecto de ciencia básica, potenciando su carácter experimental.

Como muestra de esta faceta de mi actividad académica he preparado especialmente para esta ocasión una corta colección de experimentos, para ilustrar lo que hemos comentado más arriba. Algunos de ellos forman parte del laboratorio de los *Diez experimentos más bellos de la Física*, que he tenido la gratificante tarea de crear en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada. En este laboratorio están montados y operativos, los diez experimentos que los 400 físicos encuestados por Robert P. Crease en el año 2002, opinaron que eran los más bellos de la Física. Les recomiendo el libro de este divulgador *El prisma y el péndulo* (2006, Crítica, Barcelona). Por supuesto que desde aquí hago una invitación explícita para que vengan a visitarlo.

Segunda Parte

Para empezar esta segunda parte recordemos unas palabras de Kant:

“Cuando Galileo hizo bajar por el plano inclinado unas bolas de un peso elegido por él mismo, o cuando Torricelli hizo que el aire sostuviera un peso que él de antemano había supuesto equivalente al de un determinado volumen de agua, o cuando, más tarde, Stahl trasformó metales en cal y ésta de nuevo en metal, a base de quitarles algo y devolvérselo, entonces los investigadores de la naturaleza comprendieron súbitamente algo. Entendieron que la razón sólo reconoce lo que ella misma produce según su bosquejo, que la razón tiene que anticiparse con los principios de sus juicios de acuerdo con leyes constantes y que tiene que obligar a la naturaleza a responder a sus preguntas, pero sin dejarse conducir con andaderas, por así decirlo. De lo contrario, las observaciones fortuitas y realizadas sin un plan previo no van ligadas a ninguna ley necesaria, ley que, de todos modos, la razón busca y necesita. La razón debe abordar la naturaleza llevando en una mano los

principios según los cuales sólo pueden considerarse como leyes los fenómenos concordantes, y en la otra, el experimento que ella ha proyectado a la luz de tales principios. Aunque debe hacerlo para ser instruida por la naturaleza, no lo hará en calidad de discípulo que escucha todo lo que el maestro quiere, sino como juez designado que obliga a los testigos a responder a las preguntas que él les formula. De modo que incluso la física sólo debe tan provechosa revolución de su método a una idea, la de buscar (no fingir) en la naturaleza lo que la misma razón pone en ella, lo que debe aprender de ella, de lo cual no sabría nada por sí sola. Únicamente de esta forma ha alcanzado la ciencia natural el camino seguro de la ciencia después de tantos años de no haber sido más que un mero andar a ciegas.”

Immanuel Kant

Crítica de la razón pura. Prólogo a la segunda edición (1787).

En este texto, Kant claramente reivindica la necesidad de la física experimental como parte primordial del método científico.

Incluimos una colección de experimentos clásicos presentados de una forma original y novedosa.

Los experimentos que les mostraré a continuación son:

1. Sombras de colores
2. Interferómetro de Michelson
3. Óptica schlieren
4. Prisma de Newton

Pasemos sin más dilación a la parte experimental de mi heterodoxo discurso de ingreso como académico correspondiente de esta digna Academia.

SOMBRAS DE COLORES

No todas las sombras son negras



Cuando luces de diferentes colores brillan en el mismo punto sobre una superficie blanca, la luz que se refleja desde ese punto hacia tus ojos se llama mezcla aditiva porque es la suma de toda la luz. En esta exhibición, una luz roja, una luz verde y una luz azul brillan en la pantalla. La pantalla se ve blanca porque estas luces de tres colores estimulan los tres tipos de conos en sus ojos aproximadamente por igual, creando la misma sensación que una luz blanca. Llamamos a este conjunto de tres colores rojo, verde y azul los primarios aditivos de la luz (R, G, B por sus nombres en inglés).

Con estas tres luces, podemos crear sombras de siete colores diferentes (rojo, verde, azul, negro, cian, magenta y amarillo) bloqueando diferentes combinaciones de luces: cuando bloqueas dos luces, ves una sombra del tercer color: por ejemplo, bloquea las luces rojas y verdes y obtendrás una sombra azul. Si bloqueas solo una de las luces, obtienes una sombra cuyo color es una mezcla de los otros dos. Bloquea la luz roja y la mezcla de luz azul y verde para crear cian; bloquea la luz verde y la luz roja y azul hacen magenta; bloquea la luz azul y el rojo y el verde hacen amarillo. Si bloqueas las tres luces, obtienes una sombra negra.

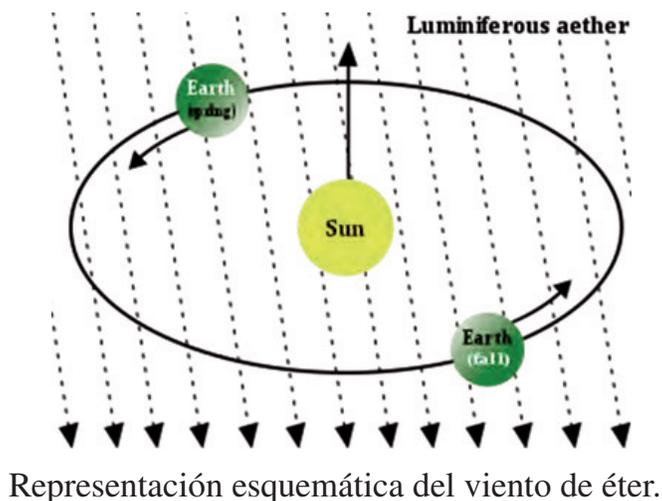
Puede parecer extraño que una luz roja y una luz verde se mezclen para formar una luz amarilla en una pantalla blanca. Da la casualidad de que una mezcla particular de luz roja y verde estimula los conos de tus ojos exactamente tanto como los estimula la luz amarilla, es decir, la luz de la parte amarilla del arco iris, por lo que tu ojo no puede distinguir la diferencia.

INTERFERÓMETRO DE MICHELSON Y MORLEY

Los vientos del éter

Este experimento fue uno de los más importantes y famosos de la historia de la física, (aunque no estaba entre los “top ten” a los que antes hemos hecho alusión, si a mí me hubieran preguntado este experimento sería el que hubiera votado). Realizado en 1887 por Albert Abraham Michelson (Premio Nobel de Física, 1901) y Edward Morley, su experimento demostró la no existencia del éter. El resultado del experimento constituiría posteriormente la base experimental de la teoría de la relatividad especial de Einstein. Antes del trabajo de Maxwell y Hertz, los únicos fenómenos conocidos que se propagaban en forma de onda lo hacían con el soporte de un medio, por ejemplo, el sonido, a través del aire o del agua. El sentido común, siempre peligroso, invitaba a elevar esta

circunstancia a principio universal. Las ecuaciones de Maxwell interpretan la luz como una onda, luego se imponía la existencia de un medio a través del cual pudiera propagarse: el éter. La teoría del final del siglo XIX postulaba que, al igual que las olas y el sonido que son ondas y necesitan un medio para propagarse (como el agua o el aire), la luz también necesitaría un medio, llamado “éter”. Como la velocidad de la luz es tan grande, diseñar un experimento para detectar la presencia del éter era muy difícil.



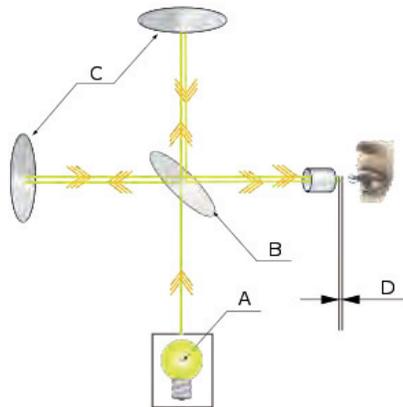
Representación esquemática del viento de éter.

El propósito de Michelson y Morley era medir la velocidad relativa a la que se mueve la Tierra con respecto al éter.

Cada año, la Tierra recorre una distancia enorme en su órbita alrededor del Sol, a una velocidad de 30 km/s (más de 100 000 km/h). Se creía que la dirección del «viento del éter» con respecto a la posición de nuestra estrella variaría al medirse desde la Tierra, y así podría ser detectado. Por esta razón, y para evitar los efectos que podría provocar el Sol en el «viento» al moverse por el espacio,

el experimento debería llevarse a cabo en varios momentos del año.

El efecto del viento del éter sobre las ondas de luz, sería como el de la corriente de un río sobre un nadador que se mueve a favor o en contra de ella. En algunos momentos el nadador sería frenado, y en otros impulsado. Esto es lo que se creía que pasaría con la luz al llegar a la Tierra con diferentes posiciones con respecto al éter: debería llegar con diferentes velocidades. La clave es que, en viajes circulares, la diferencia de velocidades es muy pequeña, del orden de la millonésima de un segundo. Sin embargo, Michelson, muy experimentado con la medición de la velocidad de la luz, ideó una manera de medir esta mínima diferencia.



Descripción del experimento:

A: Fuente de luz monocromática.

B: Espejo semirreflectante.

C: Espejos.

D: Diferencia de camino.

Esquematzaremos el interferómetro de Michelson utilizando un láser. En la base de un edificio cercano al nivel del mar, Michelson y Morley construyeron lo que se conoce como el interferómetro de Michelson. Se compone de una lente semiplataada o semiespejo, que divide la luz monocromática en dos haces de luz que viajan en un determinado ángulo el uno respecto al otro. Con esto se lograba enviar simultáneamente dos rayos de luz (procedentes de la misma fuente) en direcciones perpendiculares, hacerles recorrer distancias iguales (o caminos ópticos iguales) y recogerlos en un punto común, en donde se crea un patrón de interferencia que depende de la velocidad de la luz en los dos brazos del interferómetro. Cualquier diferencia en esta velocidad (provocada por la diferente dirección de movimiento de la luz con respecto al movimiento del éter que suponemos de igual velocidad que la Tierra) sería detectada. Ante la sorpresa general, no se detectó absolutamente ningún desplazamiento de franjas de interferencia, y se concluyó: El éter carece de propiedades medibles, resultando, como consecuencia directa de ello, que la hipótesis del éter es insostenible. Se vislumbraba el nacimiento de nuevos principios para física: la contracción de la longitud; la dilatación del tiempo; y una constante universal.

ÓPTICA SCHLIEREN

Técnica óptica que permite visualizar cambios muy pequeños en el índice de refracción del aire o de otros medios transparentes



La refracción puede ser causada por cambios en la densidad, temperatura o presión del aire inmediatamente frente al espejo cóncavo. Con una cámara de video y un monitor, podemos ver corrientes de convección que se elevan desde la llama de una vela o, alternativamente, el aire frío que se hunde de un vaso frío. El chorro de aire caliente de un secador de pelo corriente se hace visible de forma espectacular. El flujo de gases distintos del aire también se puede visualizar con esta técnica. Por ejemplo, el gas hexafluoruro de azufre es seis veces más denso que el aire, por lo que se puede verter visiblemente de una botella a un vaso como si fuera un líquido.‘

Se utiliza un espejo cóncavo de distancia focal larga (1.500 mm) y una fuente puntual de luz que se coloca en el centro de curvatura (3.000 mm) en las proximidades de este lugar se formara la imagen de la fuente puntual que se bloqueara parcialmente con el borde de una hoja de afeitar. Posicionada directamente detrás del bloqueo de luz hay una cámara, que mira los objetos inmediatamente frente al espejo en el “área de prueba”.

Suponga que hay una falta de homogeneidad en el índice de refracción en la zona directamente frente al espejo. Esto hará que algunos rayos de luz se pasen por encima del filo de la navaja y algunos se bloqueen por debajo de la arista de la navaja. Esto provoca áreas de brillo y oscuridad que revelan las faltas de homogeneidad. Una forma intrigante de pensar en esto es que una configuración “schlieren” traduce las diferencias de fase en diferencias de amplitud.

PRISMA DE NEWTON Experimentum Crucis



En 1672, solo unas semanas después de haber ingresado en la Real Sociedad de Londres, y debido al impulso de la invención del telescopio reflector, Isaac Newton enviaba a los miembros de tan distinguida sociedad la descripción de un experimento que demostraba de forma definitiva, según decía, que la luz del Sol, que la luz blanca, no era pura como entonces se creía, sino que estaba compuesta por una mezcla de rayos de diferentes colores. Newton se refería a este como su *experimentum crucis*. Su descomposición de la luz fue a un tiempo un hito en la historia de la ciencia y una sensacional demostración del método experimental.

Primero componemos la luz blanca a partir de un láser rojo, otro verde y otro azul, que hacemos coincidir en un mismo rayo mediante laminas semiplatedadas. Después descomponemos esta luz blanca mediante un prisma de vidrio. Para aumentar el efecto visual añadimos un buen chorro de humo. La luz blanca al pasar por el prisma se descompone en los colores que la forman, al ser el ángulo de refracción diferente para cada longitud de onda.

Para terminar, recordemos una frase de Henri Poincaré que explica el carácter hedonista de nuestro trabajo como científicos: “Los científicos no estudian la naturaleza porque es útil; la estudian porque les place, y les place porque es bella. Si la naturaleza no fuese bella, no valdría la pena conocerla, no valdría la pena vivir la vida.”

Muchas gracias por su atención y por el inmenso honor de ser nombrado Académico Correspondiente.

**Discurso de contestación
a cargo de los Académicos de Número
Dres. Ángel Ferrández Izquierdo
y Rafael García Molina**

Sr. Presidente
Dignísimas Autoridades
Colegas de la Academia
Señoras y Señores

Vaya, en primer lugar, nuestro sincero agradecimiento a los académicos por habernos cedido la palabra para contestar al Discurso de Ingreso, como Académico Correspondiente, del Dr. Miguel Cabrerizo Vílchez.

Como es habitual, esta disertación pretende glosar los méritos del nuevo académico, justificando sus merecimientos para formar parte de esta Academia, y comentar su discurso. Esperemos haber encontrado las palabras adecuadas para transmitirles la importancia y brillantez de la trayectoria del Dr. Cabrerizo en el ámbito de la docencia, la investigación y la difusión de la Física, así como sus cualidades personales más destacadas.

Acabamos de escuchar su brillante discurso de ingreso y ahora, según el protocolo de la Academia, nos corresponde tratar de convencer a todos ustedes del acierto de los académicos cuando decidimos que Miguel era un candidato idóneo para ampliar nuestro excelente elenco de Académicos Correspondientes.

En los Estatutos de la Academia se recoge la figura de Académico Correspondiente como equiparada a Académico de Número, es decir, como aquella persona de acreditado reconocimiento científico en una de las cinco ramas que contempla nuestra Academia, pero que desempeña su trabajo habitual fuera de nuestra región. Ha de ser presentado por tres Académicos de Número, junto con

su currículum y ser aprobado por, al menos, la mitad de los presentes en el correspondiente pleno de la Academia. Su elección fue por unanimidad.

El Dr. Cabrerizo es catedrático de Física Aplicada desde el año 2000 en el Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Granada. Ha dedicado toda su carrera investigadora al estudio de las interfases sólido/líquido y líquido/gas, así como a las propiedades de nanopartículas y coloides en suspensión. Ha puesto un especial esfuerzo en el diseño y aplicación de dispositivos originales, enfocados a cada análisis concreto y posteriormente utilizados en diferentes proyectos de investigación de su equipo. Así, el estudio de la interfase líquido/gas y la determinación de tensiones superficiales le llevó a la realización de un tensiómetro totalmente automatizado que, por primera vez, le permitió obtener datos fiables de la tensión superficial del agua pura y evidencias de sus efectos de envejecimiento.

El estudio de los fenómenos de adsorción asociados fue posible gracias a un microcalorímetro de valoración, también desarrollado por él.

Su investigación de las propiedades de estabilidad de sistemas dispersos se centró en la determinación del ritmo de agregación de partículas, tanto en sistemas bidimensionales como en suspensión. Es particularmente destacable el diseño de un sistema de determinación de tamaño de partícula individual, que es único en su género en nuestro país.

Su carrera investigadora recibió un considerable impulso gracias a su estancia (1993-94) en el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Toronto, bajo la dirección del profesor Neumann, que es uno de los más prestigiosos investigadores

en el campo de la termodinámica de superficies e interfases. Con él y otros miembros de su equipo ha mantenido una estrecha colaboración durante muchos años. La experiencia allí adquirida le permitió poner en marcha un laboratorio de Física de Superficies e Interfases en la Universidad de Granada, dotado con dispositivos de medida de ángulo de contacto y tensión superficial que se han aplicado a las más diversas superficies, como se puede apreciar en sus recientes publicaciones. Todo ello ha sido fruto del intenso trabajo de investigación desarrollado en conexión con el resto de su grupo, y a través de 53 proyectos de investigación competitiva (regionales, nacionales y europeos), sin interrupción, desde el año 1994 hasta hoy día, siendo IP en todos ellos, lo cual ha dado fruto a un total de 23 contratos con administraciones y entidades privadas o públicas, 27 tesis doctorales dirigidas o codirigidas, 229 publicaciones y 237 ponencias en congresos.

Siguiendo con números asociados al Dr. Cabrerizo, y tomando como referencia la Web of Science, encontramos que sus publicaciones tienen 2351 citas y un índice $h=28$. Además, tiene reconocidos seis sexenios de investigación y uno de transferencia.

El carácter interdisciplinar de estas investigaciones se puso de manifiesto en la temática de la gran mayoría de estos proyectos, centrados en la mejora de las propiedades adhesivas de la dentina. Las investigaciones desarrolladas en los más recientes, “Estudio de superficies repelentes de líquidos operando en condiciones extremas” y “Fabricación de superficies con base metálica de baja adhesión y duraderas”, fueron posibles gracias a técnicas puestas en marcha para el estudio del nanomojado, la histéresis del ángulo de contacto, la rugosimetría o las microscopías confocal y de fuerza atómica, cuyos resultados aparecen publicados en las mejores revistas de las áreas correspondientes.

En cuanto a su actividad docente y de dirección de la investigación, baste mencionar que fue promotor y coordinador inicial del primer programa interuniversitario en Ciencia y Tecnología de Coloides e Interfases, y del Máster interuniversitario asociado a él. Su grupo tiene, pues, experiencia para afrontar los fenómenos relacionados con los complejos procesos de adhesión y mojabilidad en superficies reales, y el efecto sobre ellas, del tratamiento previo, ya sea físico o químico.

Capítulo aparte -sin que ello suponga una discontinuidad ni merma en su tarea investigadora y docente- merece su dedicación a la divulgación de la Física, de la cual pasamos a reseñar seguidamente los aspectos más relevantes. Miguel Cabrerizo fue seleccionado, junto con una veintena de concursantes (entre quienes figura uno de los firmantes de esta Laudatio, el académico Rafael García Molina) en el certamen *Física en Acción*, que se celebró en San Sebastián, a principios de octubre de 2000.

EL PAÍS, lunes 2 de octubre de 2000

20 proyectos españoles de física

Los concursantes españoles de Física en Acción presentan propuestas para motivar a los estudiantes

AURORA INTXAUSTI

San Sebastián

"Hay que hacer comprensible la física para que entiendan los alumnos, no los especialistas", ésa es la máxima del profesor Miguel Cabrerizo, de la Universidad de Granada, que, provisto de útiles sencillos, se presentó en la fase final en España del certamen europeo Física en Acción, que se celebró el sábado en San Sebastián. Los organizadores seleccionaron ayer los 20 proyectos que competirán en Ginebra.

Apasionados por la física, los concursantes fueron capaces de entusiasmar al más ignorante en la materia cuando explicaban sus experimentos. Los profesores apostaron por la sencillez para explicar la conservación del movimiento cinético, la transmisión del sonido a través de materiales sólidos, la medición de la velocidad de la luz o el efecto Doppler, y así hasta un total de 38 trabajos que habían pasado la criba inicial.

El profesor Cabrerizo se pasó horas explicando una y otra vez una veintena de experimentos ante el asombro de quienes se acercaban hasta su mesa. No era magia lo que él hacía, era simplemente física. Explicó los efectos de la condensación del vapor de agua; para ello utilizó una lata de refresco; en su interior introdujo unas gotas de ese líquido que calentó hasta la ebullición. Llegado a ese punto, metió bruscamente la lata en un recipiente con agua fría y la lata quedó totalmente aplastada.

No sólo fueron los experimentos prácticos los que acapararon la atención del jurado, sino que hubo otras como la página web de Angel Franco García sc.ehu.es/sbweb/fisical/default.htm, de la Escuela Universitaria Técnica Industrial de Éibar, sobre física con ordenador, que entusiasmaron al jurado.

Los 20 trabajos que han sido seleccionados han obtenido el derecho a asistir a la Semana Europea de la Ciencia que se va a celebrar en Ginebra entre el 6 y el 11 de noviembre y que está patrocinada por el Centro Europeo de Investigación Nuclear de Ginebra, la Agencia Espacial Europea y el Observatorio Europeo del Sur. Han sido 22 los



Miguel Cabrerizo experimenta con la condensación del agua. / JAVIER HERNÁNDEZ

países de Europa que se han sumado al proyecto Física en Acción, que trata de corregir el desapego de los ciudadanos a la física y motivar la curiosidad por esa ciencia, que está en el origen del constante avance tecnológico que se está produciendo en el campo de las comunicaciones, la informática o los transportes.

Entre los seleccionados se encuentran Adolfo Cortel, con *Demostraciones sobre ondas estacionarias*; Miguel Ángel Sanchis, que expuso *Mida usted mismo la velocidad de la luz*; Albert Bramon, con *12 experimentos sencillos para un orangután*; Miguel Cabreriz, que mostró *Física recreativa*; María Isabel Suero, con *Las mil y una prácticas*, y Alejandro del Mazo, con *Óptica de las ondas hertzianas*.

En la modalidad de libros, cuadernillos y unidades didácticas pasaron a la final María Lourdes de Pedraza, con *Aplicada a las ciencias de la salud*; Fernando Jáuregui, con *Escuela de estre-*

llas; Carlos Sampedro, con *Descubre la ciencia en el parque de las ciencias*; Luis Bellot, con *Proyecto educativo Leonidas 99*; Paloma Varela, que presentó *Un desarrollo curricular de la física centrado en la energía*; Pablo Nacelta, con *Del modelo atómico de Dalton al modelo estándar*, y Xabier Prado, con *La relatividad*.

Los trabajos en soporte informático serán defendidos en Ginebra por Montse Novell, con *La baldufa: aprender y enseñar física con Internet*; Javier Sanz, con *Laboratorio virtual del péndulo doble*, y Miguel Ángel Franco, con *Física con ordenador, curso interactivo de física en Internet*.

En el apartado de divulgación y prensa fueron seleccionados Christian Wagner, con un artículo publicado en EL PAÍS; Jorge Mira, por un programa de La 2 de RTVE; Rafael García, con un artículo en la revista semanal *Levante*, y José González de Guereñu, con *Materiales audiovisuales para el aula*, editorial SM.

De aquí surgió la representación española que participó en la primera edición de *Physics on Stage*, que tuvo lugar del 5 al 10 de noviembre (¡apenas un mes después de la celebración de *Física en Acción!*) en las instalaciones del Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN), en la frontera franco-suiza, que fue la gran efeméride de divulgación científica dentro de la *Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2000* (la primera de una serie que todavía perdura).

Esta acción promovida por la Unión Europea congregó a alrededor de 400 delegados de todos los países europeos, quienes mostraron propuestas de innovaciones educativas conducentes a modernizar los currículos europeos, así como usos oportunos de los medios de comunicación para llevar la Física al gran público, todo ello junto con exposiciones, conferencias científicas, talleres sobre la enseñanza y la comunicación de la Ciencia, etc. De esta extraordinaria reunión de docentes y divulgadores, surgieron recomendaciones dirigidas a los gobiernos y organizaciones con responsabilidades en la enseñanza de la Física, en particular, y de las ciencias, en general.

En este evento, Miguel, invitado a una charla plenaria, presentó un conjunto de experimentos que se pueden hacer con materiales extraordinariamente sencillos y al alcance de todo el mundo, como velas, latas de refresco, huevos, globos, etc. que tuvo un gran éxito, precisamente por lo poco sofisticado de los materiales. El lema de la charla fue *Just doing*.



La siguiente edición de *Physics on Stage* se celebró en 2003 en el European Space Research and Technology Centre (ESTEC), que son las instalaciones de la European Space Agency en Noordwijk (Países Bajos). Aquí presentó un péndulo de Foucault de 7 m de longitud, junto con una serie de experimentos sobre diferentes péndulos y sistemas de referencia. Por votación de los cuatrocientos profesores invitados, se le concedió el primer premio.



Miguel invirtió la importante dotación económica apareada en la compra de un barco de recreo, para satisfacer una de sus pasiones, la navegación.



Posteriormente, volvió a participar en varias ediciones de *Science on Stage* (que fue el nombre adoptado por el certamen, ampliando el espectro de actividades a todas las ciencias; la última en que intervino fue en 2013 en Slubice y Frankfurt (ciudades que se encuentran a ambos lados de la frontera entre Polonia y Alemania).

Como fruto de su actividad divulgadora, Miguel ha sido galardonado con numerosos premios individuales: (2002) Gold Euroforum Teachers Awards, (2002) Medalla al mérito docente Junta de Andalucía, (2004, 2005) Física en Acción, (2007) Medalla de Ciencia en Acción, (2013) Enseñanza y Divulgación de la Física (modalidad Enseñanza Universitaria) de la Real Sociedad Española de Física-Fundación BBVA, (2021) Divulgación Científica de la Junta de Andalucía y (2021) Ciencia en Acción.



Entre los premios colectivos recibidos, destacan los siguientes: (2022) Premio de investigación del Consejo Social de la Universidad de Granada a los Departamentos, Institutos y Grupos de Investigación que se distingan especialmente en contratar investigación y actividades con Empresas e Instituciones; (2010) Premio “UGR a Trabajos de Investigación de Excelencia” a la publicación Surface Properties and Foam Stability of Protein/Surfactant Mixture: Theory and Experiment, *Journal of Physical Chemistry C* 111 (2007) 2715.

Miguel Cabrerizo es un experto en la construcción de péndulos de Foucault, habiendo diseñado y construido el primero en 1995 en el Parque de las Ciencias de Granada, y continuando con nuevos modelos, con uno portátil en la Facultad de Ciencias de Granada, para conmemorar el centenario de la Fundación de la Real Sociedad Española de Física, seguidos de otros en las universidades de Huelva, Vigo (campus de Ourense), Santiago de Compostela, Jaén, Extremadura (en Badajoz), ETSICCP en Granada, Almería, Salamanca, Coimbra (Departamento de Física) y Chile (en Santiago de Chile). También hay péndulos de Foucault diseñados y construidos por Miguel en el Museo de la Ciencia de Lisboa, en el Club Náutico de Motril y en la ciudad de Valdivia (Chile).

Junto con su hijo, Miguel Ángel Cabrerizo Morales (Dr. Ing. Caminos, Canales y Puertos), ha creado la empresa Producciones

Científicas y Técnicas (spin-off de la Universidad de Granada), con el objetivo de atender aquellas necesidades especiales de grupos de investigación y proyectos docentes que no encuentran respuesta comercial.

En el libro *Meselson, Stahl, and the replication of DNA. Historia del experimento más bello de la Biología*, publicado en 2001, el historiador de la ciencia Frederic Holmes cuenta la historia de lo que un investigador llamó “el experimento más hermoso de la biología”. El llamado experimento de Meselson-Stahl, que se llevó a cabo en 1957, confirmó que el ADN se replica en la forma predicha por la estructura de doble hélice descubierta entonces recientemente. Cuando Holmes preguntó a cinco investigadores por qué este experimento en particular era tan hermoso, sus respuestas incluyeron simplicidad, precisión, limpieza e importancia estratégica.

El libro de Holmes motivó a Robert P. Crease, director del Departamento de Filosofía de la prestigiosa Stony Brook University, de Nueva York, a preguntarse por el experimento más hermoso de la Física y qué criterios se utilizarían para emitir el juicio. Enseguida le preguntó a Holmes qué experimentos de Física le parecían hermosos y respondió que era reacio a evaluar la Física, pero mencionó la medida de Helmholtz de 1850 de la velocidad del impulso nervioso, aunque admitió que esto era más en el campo de la fisiología.

Así, el 2 de mayo de 2002, Crease preguntó a los lectores de la revista *Physics World* cuáles eran, en su opinión, los experimentos más bellos en cada una de las ramas de la Ciencia, en particular en Física. Los resultados de la encuesta se publicaron en la misma revista y se estableció una clasificación de los diez mejores. Este hecho tuvo un rápido reflejo en medios no científicos, como *The*

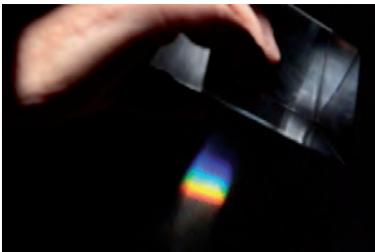
New York Times, en Estados Unidos, o *El País* y *El Mundo*, en España. Siguiendo el eco y el impacto mediático que obtuvo este trabajo, en el año 2004 el Dr. Cabrerizo puso en marcha *El Laboratorio de los diez experimentos más bellos de la Física*, en el que se recrearan estos experimentos en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada. Para ello, el Ministerio de Educación y Ciencia proporcionó una ayuda complementaria.



La interferencia de la luz



La difracción del electrón



La descomposición de luz



La aceleración de la gravedad



La medición gota de aceite



La balanza de torsión



El plano inclinado



El descubrimiento del núcleo



El péndulo de Foucault



La medición de la circunferencia terrestre

Este laboratorio nació con la vocación de divulgar la Física y de motivar con la belleza de los experimentos mostrados a quienes están aún por decidir su futuro, estudiantes de bachillerato, para que opten por esta ciencia. Miguel se siente muy orgulloso de haber concluido este proyecto. Confiesa que no fue fácil, pero es una realidad y reitera su invitación a quienes sientan curiosidad, admiración o pánico por la Física. Los frutos de estos trabajos hicieron que pusiera en marcha una asignatura de libre configuración que lleva el nombre de este laboratorio y que es cursada anualmente por un centenar de estudiantes (¡no sólo de Física!). Además, cada año lo visitan varios grupos de estudiantes de bachillerato en las jornadas de puertas abiertas de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada.

No podemos olvidar la participación estelar de Miguel en las jornadas *De Fiesta con la Ciencia y la Tecnología* (FICITEC)



celebradas los días 1 y 2 de diciembre de 2001 en Murcia, organizadas por quienes suscriben esta laudatio y Pascual Lucas (todos ellos, miembros de esta nuestra Academia). Este evento de divulgación científica supuso un antes y un después en el panorama de la divulgación científica en la Región de Murcia, siendo el embrión de la actual Semana de la Ciencia y la Tecnología que venimos disfrutando anualmente y que mañana será inaugurada en el Jardín del Malecón y donde la Academia de Ciencias presentará a Miguel como figura estelar.

Un amigo suyo nos contó que la infancia de Miguel estuvo repleta de relojes, que había que arreglar en la calle el Príncipe, muy cerca de la Plaza de Bibrambla; y de hielo, tartas y pasteles, que había que hacer y distribuir por toda la ciudad desde la Casa

Pasteles en la Plaza Larga del barrio del Albayzín. La familia de Miguel, tanto por parte de su padre como de su madre, eran artesanos acostumbrados a utilizar las manos de forma creativa.

Continúa ese buen amigo afirmando que “Miguel Cabrerizo Vílchez es uno de los ciudadanos más inteligentes de Granada. Su inteligencia se forjó en el obrador de la Casa Pasteles y en el taller de mecánica de su padre, Miguel Cabrerizo Muñoz, que desde los años cincuenta era el técnico de laboratorio del Departamento de Física de la Universidad de Granada. Allí fue donde aprendió a reparar todo lo que se rompía o funcionaba mal, ya fuera una amasadora o a evitar una fuga de amoníaco de la fábrica de hielo. Tuvo experiencia directa del funcionamiento de todos los dispositivos electromecánicos que hicieron posible la segunda Revolución Industrial. Miguel aprendió todo eso desde niño y *hacer* fue para él un trabajo cotidiano. Nunca «cuando bajaba a Granada», como dicen los albaicineros de pro, cargado de tartas y pasteles, tuvo accidente alguno que pudiera afectar al trabajo de artesanía hecho con cuidado y buena técnica. Las leyes de la Física formaban parte de su quehacer diario, e incluso muchos procesos químicos los practicaba desde niño. Para Miguel, práctica y teoría eran inseparables. Sus mayores, como Plácido Reyes Calvente, amigo de su padre desde la infancia, le enseñaron que no solo había que hacer, sino que había que entender el por qué de los fenómenos. Ciencia y técnica como parte de un mismo saber al margen de divisiones absurdas entre la teoría y la práctica. *Miguel de Granada* ha convertido la tradicional artesanía en la mejor escuela científica y técnica. El futuro será más llevadero si personas como él ofrecen soluciones a los retos de un mañana que es ya hoy; porque, como decíamos al principio, hacer es la mejor manera de decir.”

Y, además de todo lo anterior, este hombre de aspecto bonachón es una persona llana, sincera, sin dobleces, dispuesta a ayudar a quien lo necesite, sin dar importancia al hecho de ser catedrático, pues mucho antes, y para ayudar a la maltrecha economía familiar, ejerció de sereno en la facultad que hoy le acoge. Un manitas que un día se sorprendió de que un periódico lo calificara de orondo. Aquél que, un señalado día de La Cruz en Granada, con pinta de dandy trajeado y con arrojo, pidió un clavel a la joven que desde entonces comparte felizmente su vida.

En nombre de todos los académicos de esta noble institución, damos a Miguel Cabrerizo la bienvenida a la Academia de Ciencias de la Región de Murcia. Esperamos y deseamos mucho de tus excepcionales condiciones, tanto personales como científicas, para que esta Academia pueda alcanzar sus cometidos. Te felicitamos y hacemos extensivos nuestros parabienes a tu familia, en especial a Encarna, Miguel Ángel, Isaac, Ángeles y Gema.

Muchas gracias por su amable atención.

Este trabajo ha sido publicado con el patrocinio de la
Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

