

LA LUZ DE LA NATURALEZA, LA NATURALEZA DE LA LUZ

Antonio Heredia Bayona
Discurso de ingreso como Académico de Número

¿Por dónde se va a la casa de la luz? *Libro de Job.*

Ilma. Profesora Clelia Martínez Maza. Ilmo. Sr. Presidente de la Academia Malagueña de Ciencias (AMC). Ilma. Sra. Secretaria de la AMC. Ilmos. miembros de la AMC. Queridos compañeros/as y queridos estudiantes. Querida familia.

Para mí es un honor aceptar en este acto formar parte de la Academia Malagueña de Ciencias. Participo también, con plena satisfacción, en este ritual de acogida y bienvenida. Los ritos son acciones simbólicas que transmiten y representan aquellos valores y objetivos que mantienen cohesionados a una comunidad. Hoy día nuestro mundo sufre una fuerte carestía de lo simbólico. Acepto agradecido y totalmente convencido que este rito simboliza mi instalación en un hogar especial de hombres y mujeres que creen en la ciencia y el conocimiento y que hacen de este modo, como diría el filósofo Han, habitable el tiempo.

Como es simbólico también el acto que a esta misma hora tiene lugar a escasos doscientos

metros de aquí. El Excmo. Ayuntamiento de Málaga concede la medalla de la ciudad a la UMA, un acto que une definitivamente la ciudad de Málaga con su universidad pública, universidad a la que he servido y sirvo desde más de cuarenta años y que en este acto renuevo públicamente mi inquebrantable compromiso para con ella.

Académicamente, a lo largo de mi formación como químico siempre me sentí especialmente atraído por las disciplinas en las que se estudiaba la interacción de la luz con la materia, por la denominada Espectroscopía, por su potencialidad para conocer y comprender la estructura del mundo macro y microscópico. Una disciplina de alto contenido físico y químico. Sus aplicaciones en Química, Biología, Física, Astrofísica o Geología han sido, son y serán innumerables.

Solo, a modo de modesto ejemplo, significar cómo esa interacción de la luz con el sistema biológico que denominamos epidermis-cutícula de las plantas superiores, esa pequeñísima porción de mundo, que estudio desde hace treinta y cinco años se ha



¿Por dónde se va a la casa de la luz? *Libro de Job.*

dejado, podríamos decir, seducir por dicha interacción proporcionando una magnífica información sobre la constitución y el diseño biofísico de la misma.

El título del presente discurso de mi incorporación a la AMC es, sin duda, un título heterodoxo, un título también probablemente demasiado ambicioso. Sí que me gustaría dejar claro que el tema que subyace bajo dicho título no desea ser en modo alguno una prueba de erudición sino un modo de mostrar públicamente un reflejo de mi potencial contribución y futuro trabajo en el seno de la AMC.

Cuando pienso, leo y trabajo sobre la luz (la *phos* griega, la *lux* latina...) suele invadirme siempre una percepción, una emoción que no sé definir y que va más allá de la mera experimentación física y química del sistema u objeto particular de estudio. Con esa actitud científica, con esa práctica empírica (consciente y a veces inconsciente) asumo y rindo modesto homenaje a lo que implica **la Naturaleza de la luz**, a su fascinante historia a lo largo de los siglos. Pero también con el paso de los años, con la experiencia acumulada, con las lecturas que me han acompañado me he ido sumergiendo y quedando la mayoría de las veces felizmente atrapado por el simbolismo y metáfora espiritual de lo que significa **la luz de la Naturaleza**. Se trata, pues, de una especie de doble viaje mental en busca de alguna respuesta a esa primera cita que aparece en mi presentación al comienzo de este discurso: *¿Por dónde se va a la casa de la luz?*, pregunta que representa mi personal asombro por nuestro Universo. Se trata entonces de dos caminos diferentes, ¿serán convergentes o divergentes?, de dos viajes en los que espero plasmar brevemente en este discurso que el término luz es un vocablo que implica en última instancia transversalidad de conocimiento, una palabra que conecta muchas disciplinas para aproximarnos, siempre aproximándonos, a las claves para entender y comprender nuestro mundo. O, si lo prefieren y siendo más generosos, una palabra de tremendo potencial y simbolismo para nombrar e invocar lo inefable, lo inmanente y, también, lo trascendente.

La mitología griega nos habla de doce diosas menores, las llamadas Horas, que acompañaban al dios Helios en su recorrido por el cielo proporcionando luz... Augé, la

primera hora, la primera luz; le sigue Anatole justo al amanecer... hasta Arctos, la última luz. Esa última luz oblicua que misteriosamente canta Emily Dickinson,

*Hay cierta oblicuidad de Luz
en las tardes de invierno-
Cuando llega, el Paisaje escucha-
Las Sombras -contienen el aliento-*

*Cuando se va, es como la Distancia
en la mirada de la Muerte.*

Augé, la luz del amanecer es esa especial primera luz que Fray Luis de León canta:

*El aire se serena
y viste de hermosura y luz no usada*

Es la misma luz (un delicado color de zafiro oriental se escribe en la *Divina Comedia*) que guía a Virgilio y Dante en su salida casi de madrugada del infierno. Y, hablando de color, de colores, cabe recordar que éstos, como decían los griegos, son trozos de Paraíso robados a los dioses.

Ya el libro del Génesis nos habla de un orden cronométrico del mundo que tiene su origen en la luz,

La tierra era caos, confusión y la oscuridad cubría el abismo... Dijo Dios:

Hágase la luz y hubo luz.

De este modo se instala el tiempo de los hombres y mujeres... O, como escribió Agustín de Hipona, la luz es creada antes de que las cosas fueran diferenciadas. Luz y tiempo, tiempo y luz bellamente plasmados en los versos de Octavio Paz:

*La luz esculpe el viento en la cortina
hace de cada hora un tiempo vivo
entra en el cuarto y se desliza,*

La luz es tiempo que se piensa.

Tiempo y luz... pintar el paso del tiempo a través de la luz cambiante del sol como quiso el pintor francés Monet quien entre 1892/94 realizó más de 30 pinturas de la fachada principal de la catedral de Rouen... su obsesión era pintar los cambios en la luz del sol: *Corro tras una franja de color. Esta luz se escapa, se lleva el color... El color, un color no dura ni un segundo.*

Aristóteles indicó la luz como condición constitutiva del medio y éste entonces se activa y cobra vida. También asoció la luz al concepto e idea de lo transparente y, muy importante,

introduce el color como atributo de la luz. En su obra *De Anima*, Aristóteles va más allá en la dirección de este discurso y, cuando presenta la razón y el intelecto, los describe sencillamente como *una luz*.

El pensamiento aristotélico es recuperado especialmente por las órdenes religiosas del medievo. Así encontramos la figura del obispo inglés Robert Grosseteste en el siglo XIII, un adelantado de su época. En su libro *De colore* define la luz, el color y los tipos de luces. Aporta además un avanzado modelo para explicar el fenómeno de la visión. Grosseteste conocía los tratados de óptica árabes y consideró la luz como la materia original creada por Dios de la nada, a partir de la cual se sustancia el universo entero.

Encontramos a lo largo de los años y siglos siguientes todo un relato que podríamos encajar bajo la noción de *la luz de la Naturaleza*; así, *la luz natural* se sitúa en la estela de la filosofía escolástica formando parte del léxico, por ejemplo, de Tomás de Aquino, coetáneo de Grosseteste. Para él, la luz natural trabaja con los conocimientos adquiridos por los sentidos para transformarlos en inteligibles para lo que es necesario *la luz de la gracia* concedida por Dios.

Hay también toda una corriente más heterodoxa en el siglo XVI que aporta otras visiones. Tal es el caso de Paracelso. Su idea de la luz de la Naturaleza es clara: se trata de una luz que la propia Naturaleza nos da, nos otorga, nos regala... La misma naturaleza exterior nos habla, nos ilumina.

La estela anterior la recoge Spinoza en el siglo XVII. En su Tratado Teológico Político emplea el término *luz natural* para deducir *las cosas oscuras a partir de las conocidas o concebidas como tales*. Spinoza, aunque no volverá a utilizar dicho término, diferenciará esa luz natural escolástica de la Razón en su *Ética*, especialmente ocupando el mismo lugar que su segundo y tercer género de conocimiento. De este modo dicha *luz natural o razón* abandona la necesidad de inspiración o selección divinas y la deja como potencialidad (extensión más conocimiento en su terminología) para comprender el mundo.

Spinoza, el autor como algunos dicen de una filosofía muy particular y anómala sobre la totalidad de las cosas concibió un mundo con *ordo*, con orden, pero sin *télos* sin propósito, sin

finalidad. Spinoza, por cierto, experto tallador y pulidor de cristales, conocedor de las leyes de la óptica de su época soñó, como dice Jorge Luis Borges, *un claro laberinto*... un laberinto que no está diseñado para perderse sino para en su recorrido ir desvelando el mundo, para encontrarse en él. Les confieso que desde hace más de treinta años me encuentro de forma muy discontinua en ese laberinto y, a través de mis recorridos erráticos a través de sus galerías, sigo sintiendo un asombro, casi infantil, por el mundo que nos rodea a la vez que me sigue ayudando a aprender, siempre aprender, a hacer las preguntas oportunas.

Spinoza vivió en Holanda. Holanda era a la sazón un país pionero y a la cabeza de Europa en los estudios ópticos y sus aplicaciones experimentales, plasmadas en la invención y perfeccionamiento de instrumentos cruciales para la historia de la ciencia, como son el microscopio y el telescopio. El microscopio probablemente fue construido hacia finales del siglo XVI o principios del XVII por el holandés Zacharias Janssen, el cual combinó dos lentes cóncavas con otras dos convexas y creó un microscopio compuesto. Un mayor alcance de observación en este campo lo logró Anton van Leeuwenhoek (1632-1723), comerciante de la ciudad de Delft considerado tradicionalmente como el inventor del microscopio simple y también padre de la microbiología como descubridor de los microorganismos. También aplicó el invento a la entomología y a la observación de las plantas y del cuerpo humano.

Holanda, ese país de la luz tamizada por el agua, destacó también en la pintura: Rembrandt, Vermeer, entre sus nombres más señeros de un amplio elenco de pintores de la luz del paisaje, las ciudades, las casas, la vida hogareña y las gentes holandesas. Hubo, sin duda, una fascinación por la luz en el siglo XVII manifestándose por doquier -no solo en Holanda, sino por toda Europa- y la ciencia y la filosofía se hallaban en esos años tocadas por la mirada óptica; baste un somero repaso de algunas obras científicas y autores del momento: Kepler (*Ad Vitellionem paralipomena, quibus astronomiae pars optica*, 1604), Descartes (*Dióptrica*, 1637), Hobbes (*Tractatus opticus*, 1644), James Gregory (*Optica promota*, 1663), Robert Hooke (*Micrographia*, 1665), Francesco Maria Grimaldi (*Physico-mathesis de lumine, coloribus et iride*, 1665), Christiaan Huygens

(*Traité de la lumière*, 1690), y la culminación de todo ello al alborear un nuevo siglo en una obra fundamental de Isaac Newton (*Opticks*, 1704). Los intereses comunes de aquellas investigaciones se centraban en el estudio de la composición de la luz, sus mecanismos de propagación, el fenómeno de la refracción y la naturaleza del color, sin olvidar sus aplicaciones prácticas. Hay que destacar y recordar que en aquellos años se contrastaban y se enfrentaban el modelo ondulatorio de Huygens y el modelo corpuscular de Newton, pugna que duró todavía 200 años más.

La fascinación por la luz llegó a su punto máximo en el siglo XVIII en el que filósofos y científicos de la Ilustración intentaron llevar “la luz” (de ahí el término Ilustración) a las universidades, a la sociedad y a los laboratorios.

Si saltamos ahora al siglo XIX haremos una parada en alguien muy especial, en el gran Wolfgang Goethe. Ya en su madurez se dedicó durante algunos años a estudiar sobre la luz y los colores. Escribió así su *Teoría de los colores*, obra que consideró personalmente superior a sus otras obras literarias y por las que abandonó otras actividades como fue, entre otras, el despreciar el estudio literario de las canciones del gran músico Franz Schubert y retrasar la publicación de su obra grande, el *Fausto*. Goethe, sin duda, padeció una hipnotización especial por el color:

*La belleza suprema vibra
con los más audaces colores*

Goethe nos decía que el color es el lenguaje ontológico que transmite la esencia de la Naturaleza. Saco aquí a colación a Goethe porque su obra sobre la luz y el color creo que nos enseña algo más. Goethe, en su excentricidad y obsesión por la luz y los colores, consigue convertir estos esfuerzos en una *mirada*, mejor en un *arte de mirar*. Algo que define sin duda al buen investigador, al científico que abre nuevas perspectivas a través de una mirada diferente que no es otra cosa que una nueva y diferente pregunta sobre lo que otros no han visto, no han sabido ver o, sencillamente, no han sabido formular la pregunta correcta. De manera curiosa Goethe fallece en 1832 el año en que Louis Daguerre atrapó la luz de las calles de París en las primeras placas fotográficas de la historia.

Ahora llenemos la pantalla de ecuaciones:

$$\begin{aligned}\nabla \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ \nabla \cdot \vec{E} &= \frac{\rho}{\epsilon_0} \\ \nabla \times \vec{B} &= \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \mu_0 \vec{J} \\ \nabla \cdot \vec{B} &= 0\end{aligned}$$

Ecuaciones de Maxwell, 1873.

No sé si ustedes las reconocerán, son las cuatro ecuaciones de James Clerck Maxwell (1873) que relacionan los campos eléctrico y magnético, pero también contienen el secreto de la naturaleza de la luz: la luz es una onda electromagnética que viaja a la velocidad de 300.000 km/s, velocidad que Léon Foucault había medido de forma experimental más de medio siglo atrás. La austera belleza y consecuencias de estas ecuaciones nunca deja indiferente a quienes se aproximan a estudiar las leyes de la óptica y del electromagnetismo las cuales quedaron así unificadas. Albert Einstein sobre esto, quizás con sana envidia, dijo que se emocionaba pensando ante el hecho del momento, el instante justo en que el físico escocés vio claramente en el desarrollo de sus ecuaciones su gran conclusión sobre la naturaleza de la luz. A muy pocos hombres y mujeres se le ha concedido esa sublime experiencia... Incluso, aun en un rango muchísimo menor y mucho más modesto, recuerdo cuando estudiaba estas ecuaciones en segundo curso de mi carrera la sensación de grandeza, de infinitud y alegría intelectual (en el sentido de mi querido Spinoza) que me produjeron. Y, al igual que muchos otros científicos han expresado digamos también, aquí y ahora, con todo respeto la conocida sentencia:

Y Maxwell dijo: hágase la luz

Sigamos apuntando ecuaciones:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Ecuación de Planck, 1900.

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v}$$

Ecuación de De Broglie, 1924.

La ecuación de Max Planck (1900), otra ecuación universal, clave que nos define y destapa otro secreto: la discretización, cuantización de la materia. Ecuación que permitió a Albert Einstein en 1905 explicar el efecto fotoeléctrico, por el que recibió el premio Nobel, y definir los fotones de luz como partículas energéticas. Newton y su modelo corpuscular de la luz resucita, toma vida doscientos años después... Hasta que otra ecuación, una ecuación sencilla en la que cohabitan el parámetro de la óptica más conocido como es la longitud de onda con la más pura mecánica clásica (mv) y la constante de Planck (¿se puede pedir más?) ... es la ecuación formulada por Louis de Broglie en 1924. Dicha ecuación postula la denominada dualidad onda-corpúsculo. Entre otras cosas esta ecuación nos dice que una partícula, un electrón, por ejemplo, que se desplace a gran velocidad lleva asociada una longitud de onda que puede llegar hasta muy pocos nanómetros, mil millonésimas de metro, distancias y tamaños interatómicos. Si esto se conjuga en una técnica que se denomina microscopía electrónica podríamos, podemos de hecho, como suspiraba la gran poetisa americana Emily Dickinson llegar *a ver la cara de los átomos*.

Podríamos dar más ejemplos... Sabemos bien, desde nuestros estudios elementales, de un singular proceso de transducción (hermosa palabra) de energía que supone la conversión de la energía de los fotones de luz solar en energía química. A ese proceso le llamamos fotosíntesis y es clave para entender, nada más y nada menos, el delicado estado alejado del equilibrio, estado estacionario, en el que se encuentra y sostiene nuestra biosfera y nuestro planeta. Hoy sabemos que la luz se curva, que puede perderse en un gran agujero negro, que las ondas electromagnéticas que nos llegan de galaxias y estrellas lejanas son, en realidad, mensajeros del tiempo... Como digo se podrían dar más y más detalles, pero nos detendremos aquí. Lo haremos pensando que esas mismas ondas, esa luz ha fascinado y llamado la atención de millones y millones de

personas con miradas distintas sobre nuestro mundo. En un discurso como este que pretende ser transversal, la luz de Newton, de Maxwell, de Hawking es en realidad la misma luz que guiaba a los grandes caminantes románticos, los *wanderer* alemanes y los románticos ingleses quienes asumieron sus largas caminatas y marchas como actos poéticos, como actos creativos como si fuesen auténticas ceremonias de comunión íntima entre el yo y la madre Naturaleza; la misma luz que la del gran arquitecto Louis Kahn cuando reflexionó que *la materia es luz consumida*; la misma que llevó a Kandinsky a equiparar los efectos del color y la música definiendo a ambos como *vibraciones anímicas*. O la misma luz que el poeta Thomas Stearns Eliot evoca al atardecer, esa hora violeta en la que, como dice el poeta en *La tierra baldía... el alma aguarda palpitando*. Luces en las que nacen mitos, luces que suponen enigmáticos *latidos de la Naturaleza* como ocurren en las pinturas de William Turner. O, a modo de resumen telegráfico, como suelo decir a mis estudiantes curso tras curso, ciencia y arte no son el mundo, sino sólo representaciones del mismo.

El anterior guiño a la transversalidad del conocimiento no es un modo de divulgación científica; es transversalidad de conocimiento, es entrar en él cómo de las cosas de nuestro mundo... Mucho más que en el porqué de las mismas. Es diferente y mucho más que divulgación: quiere decir sencillamente que no hay un lugar privilegiado de observación y reflexión para aprehender este mundo. Y si nos asomamos a una miríada y disparidad de observatorios privilegiados de referencia y prestamos, además, atención a la sutileza de sus diseños (sus formas, sus colores y sus sonidos) no podemos dejar de sentir no una aproximación a una armonía en nuestro mundo, sino una multiplicidad de aproximaciones que me sugieren un sentimiento, ahora sí único, de asombro y de latente belleza. Soy consciente que la realidad de este mundo como nos sugiere Borges en su *Ficciones* es fruto de múltiples historias y es lo más parecido a un mosaico, un conglomerado difuso de formas vibrantes, vivas y llenas de color. Solamente en ese singular escenario es capaz de surgir el concepto de emergencia, la verdadera emergencia que conecta los hilos de nuestro mundo físico y que supone la más rica, quizás también la más difícil, aportación

para entender y comprender la arquitectura y diseño del mismo. Un mundo, como dijo ese personaje singular que fue William Blake, en el que todo lo que puede ser pensado puede ser una imagen de la verdad.

Llegado a este punto me permito iniciar la coda final de mi discurso. Lo haré sobre una impactante fotografía que todos reconocerán. La fotografía de un agujero negro que inundó hace escasos meses los medios informativos de todo el mundo.

El astrofísico holandés Heino Falcke, investigador del equipo que trabajó durante años en obtener dicha imagen, en su libro *La luz en la oscuridad* ante la reiterada pregunta de ¿Qué se ve en esta imagen, es el horizonte de sucesos? ¿Un horizonte de sucesos o nuevos espacios temporales consecuencia de la desaparición de la luz?



Fotografía tomada de BBC News.

Ante esas preguntas responde: (Se ve) *Solo su sombra, la sombra que define a la luz en su desaparición...* Se fusionan en esta imagen la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica... los fotones de la luz hacen que el espacio-tiempo sea medible a la vez que se desintegra. Los agujeros negros hacen desaparecer la luz, pero, siguiendo a Stephen Hawking, si tiene lugar un horizonte de sucesos como consecuencia de la desintegración de los campos gravitatorios dicha desintegración daría lugar a luz de nuevo... Al comienzo fue la luz y al final tal vez solo quedará luz. Un modelo físico indemostrable, pero sin duda perturbador a la vez que fascinante. Pónganle a esa imagen y a esa hipótesis el sonido del trémolo, el temblor de los violines de los segundos iniciales del comienzo de las novenas sinfonías de Beethoven o de Anton Bruckner y la experiencia será insustituible...

Todo lo anterior me trae a la cabeza unas palabras del reciente y desgraciadamente desaparecido y admirado escritor Javier Marías:

Hay una enorme zona de sombra en la que solo la literatura y las artes penetran; una zona no para iluminarla y esclarecerla sino para percibir su inmensidad y complejidad al encender una pobre cerilla que al menos nos permita ver que está ahí...

Ciencia y literatura, de nuevo, se abrazan y confunden.

Ya, casi a punto de terminar, retomo mis palabras del comienzo cuando aludía a ese doble viaje mental a través de las palabras Luz y Naturaleza. Y lo hago adoptando la palabra Luz como palabra clave de este modesto esfuerzo de transversalidad. Y para ello adopto también una brevísima y luminosa sentencia de Paul Valéry: *emoción de Universo... emoción de Universo* como esencia de emoción poética y creativa en su doble y resonantes vertientes humanística y científico-técnica. Podríamos hacer un buen listado de palabras clave para definir ambas vertientes. Así, y encabezadas por la palabra *creatividad* le seguirían palabras tales como *inspiración, pasión, imaginación, forma, composición, representación, diseño, método, teoría, formulación, observación, emergencia, ensayo, error...* ¿Les suenan? En suma, como el gran filósofo de la ciencia Karl Popper escribió, allí donde se escriban algunas de esas palabras: el Cosmos habrá triunfado, se habrá impuesto al Caos. O, recordando a Spinoza, quizás la ruta hacia la verdadera transversalidad podría estar a través de la esencia de las cosas singulares.

Hay que terminar con poesía. Permítanme terminar recitando un breve poema de Lorenzo Oliván, titulado *El mundo empieza*:

*Cuando miro la luz,
intuyo en ella una actitud pensante
que, recogida en su silencio,
crea.*

*Silencios, creación y pensamiento
traspasan de hermosura transparente
tal presencia incorpórea.*

*Pensamiento, silencio y creación.
En esas tres palabras cabe el mundo.*

*Y, cada día, en esas tres palabras
a que alude la luz
el mundo empieza.*