

# GOETHE y los colores de la naturaleza (I)

Se suele considerar a Johann Wolfgang Goethe (1749-1832) como el mejor representante de la cultura burguesa alemana en la época final de la Ilustración, cuando entre los últimos esplendores del Antiguo Régimen empieza a germinar la curiosidad y el miedo suscitados por la Revolución Francesa y que Bonaparte se encargará de hacer efectivos. Goethe, como hijo preclaro de su tiempo, no es sólo un poeta, novelista y dramaturgo, famoso desde la temprana publicación de *Werther* (1774), político y figura prominente de la sociedad cortesana de Weimar, sino un científico aficionado y diletante, apasionado por la Naturaleza. Al menos desde 1776 se interesa por la botánica, aprende mineralogía y técnicas metalúrgicas en las minas de Ilmenau, y estudia anatomía, en especial osteología, con los profesores de la Universidad de Jena. En 1784 hace circular entre amigos y especialistas un estudio de anatomía comparada sobre el hueso intermaxilar de los mamíferos, destinado a demostrar su existencia en la especie humana. Tras estudiar a Linneo se interesa por los aspectos morfológicos de la botánica y escribe hacia 1790 un tratado sobre la metamorfosis de las plantas, donde analiza el conjunto de diferencias de los caracteres individuales como variaciones de la planta tipo. Entre 1786 y 1788, durante el periplo que plasmó en su *Viaje a Italia*, su admiración por los grandes pintores italianos como Tiziano y su contacto con la colonia de pintores alemanes, como Tischbein, que le hizo un famoso retrato, lo llevó a interesarse por los fenómenos relativos al color. Ese estímulo se tradujo en la publicación en 1791 y 1792 de las dos partes de *Contribuciones a la Óptica*. Pero no será hasta 1810 cuando publique los resultados de su ambicioso estudio, *Teoría de los colores*, en el que critica la primera parte de la *Óptica* de Newton; para su decepción el libro no obtuvo el éxito esperado, lo que hizo que pronto cayera en el olvido, hasta que fue recuperado por Rudolf Steiner a finales del siglo.

Era inevitable que un espíritu ilustrado y precursor del Romanticismo se sintiera distante de la perspectiva sobre la Naturaleza proyectada por la obra de un científico del Barroco como Isaac Newton. La ciencia mecanicista se le antojaba a Goethe muy estrecha de miras; él mantiene una



Goethe

posición que calificaremos de holismo organicista, que comparte con su coetáneo Alexander von Humboldt, y que busca elaborar una visión de la Naturaleza basada en la interdisciplinariedad, y no sólo en la física matemática. Aboga por un método científico que partiendo de observaciones suficientes sobre los fenómenos avance hacia la determinación de un orden de lo observado, en función de las conexiones que se puedan establecer entre los distintos ele-

mentos, para proceder posteriormente a la elaboración de hipótesis globales. Y justamente, lo que achaca a la óptica de Newton es haber dado el salto desde la constatación del fenómeno de la descomposición de la luz por el prisma a la hipótesis de la refrangibilidad diferencial, basada en su teoría corpuscularista de la luz, obviando el paso metodológico intermedio gracias a la imaginación matemática. Pocos años después el físico francés Augustin Fresnel explicará con éxito múltiples fenómenos ópticos desde la teoría ondulatoria de la luz, lo que arrojaba nuevas dudas sobre la realidad del atomismo newtoniano.

Cuando Goethe intenta reproducir los experimentos ópticos de Newton, según los describían los manuales universitarios alemanes, queda muy insatisfecho respecto a la adecuación de los resultados a la teoría. Encuentra, por ejemplo, que la descomposición de la luz por el prisma sólo es observable si se la proyecta sobre una zona de contraste luminoso, pero no sobre una pared blanca, y se percata de que los resultados observables dependen de múltiples factores, lo que le hará concebir su Teoría de los colores como una fenomenología empírica del color. El estudio de la fisiología del ojo convencerá a Goethe de que juega un papel activo en la producción del color, por lo que rechazará como insuficiente el punto de vista de Newton, que en el proceso de la visión considera el ojo como un mero espejo pasivo. Quizá aquí está siguiendo la estela del giro copernicano de Kant al pasar en su análisis del proceso de conocimiento desde el realismo al idealismo, pues sabemos que había leído la *Crítica de la Razón pura*. El color no es algo puesto por la Naturaleza, sino que al igual que la perspectiva o la proporción es algo puesto por la mente. Goethe no acepta la idea de Newton de que los colores proceden de la luz ni que los colores resultantes de la descomposición de la luz blanca por el prisma son los colores originarios. En su obra estudiará el surgimiento de los colores a partir de la polaridad entre la luz y la oscuridad, trazando un sistema de colores muy distinto.

Sergio Toledo Prats  
Fundación Canaria Orotava de Historia  
de la Ciencia

# Max Planck y el nacimiento de la Teoría Cuántica (I)

Los ojos del anciano Max Planck se posaron en la plañe del otoño de la siempre amada Gotinga. La ciudad no había sido demasiado castigada por los bombardeos aliados durante la Guerra, y tal vez por eso, los norteamericanos le habían llevado allí, restituyéndole en la presidencia del máximo organismo germano de investigación científica, en un honor postrero que pretendía tanto premiar su gallardía frente a Hitler en defensa de los científicos judíos, como elevarle a símbolo para la regeneración de la ciencia alemana.

Su lúcida mente se abandonó a los gratos recuerdos de una larga vida dedicada a la Física, tras una elección que su padre, miembro de una familia de cultos hombres de Teología y Derecho, nunca objetó.

Recordó su más temprana obsesión científica: El Segundo Principio de la Termodinámica, el que se refiere a la entropía, que fue objeto de su tesis doctoral bajo la atenta mirada de Rudolph Clausius y Robert Kirchoff. Ambos habían descubierto en el joven Planck la mezcla de tenacidad y lucidez imprescindible en el quehacer investigador. Y no se equivocaron, pensó, recordando su muy temprano acceso a la cátedra que el propio Kirchoff dejó vacante en Berlín. Pensó que su interés, casi su devoción por el Segundo Principio fue una de esas paradojas que a veces tiene la Ciencia. Le impulsó en una dirección, en una búsqueda, en la que en lo más profundo, estaba equivocado, y sin embargo, justamente por eso, descubrió algo de importancia trascendental.

Metódicamente, no lo sabría hacer de otro modo, repasó los acontecimientos: Él buscaba dar una explicación basada en el segundo Principio de la Termodinámica, al problema de la radiación del Cuerpo negro. Este problema reside en entender cómo se distribuyen las diferentes frecuencias (los colores) en la radiación que emite un cuerpo perfectamente absorbente de luz (por eso lo de negro).

Todos sabemos que un cuerpo, al calentarse, emite luz. El color que adquiere el objeto cambia con la temperatura, y en principio, depende del material del que esté hecho.

Un Cuerpo Negro, según la definición de Kirchoff, es aquel que absorbe todas las radiaciones que le llegan, por lo que su aspecto es negro. Una realización práctica, un ejemplo, sencillo es un horno de ladrillo, que con el humo se ennegrece.

El modo exacto de cómo emite la radiación (la luz), es decir la relación del color con la temperatura, era el problema que Kirchoff había dejado planteado en 1858, cuando definió el concepto de Cuerpo Negro asegurando que debería de ser fácil encontrar las relaciones necesarias. Sin embargo, más de 40 años después nadie lo había logrado, a pesar de que Stefan, casualmente, primero y Boltzmann, con todo rigor, después, habían demostrado que la energía total radiada era proporcional a la cuarta potencia de la Temperatura, y de que Wien había encontrado que la longitud de onda del máximo de la intensidad de emisión (el color preponderante) seguía una ley particularmente simple.

El problema del Cuerpo Negro no era una de esas raras entelequias que preocupan a menudo a los físicos. Desde Kirchoff se sabía que su comportamiento era independiente del material particular del que estuviera constituido. Esto hacía que la ley que explicara la distribución de la radiación tenía que ser, necesariamente, una ley universal, que se basaría, por tanto, en hechos esenciales del Calor y la Radiación en sí mismos. Planck recordaba con precisión que el problema le ocupó, a partir del 1892, durante ocho largos años. Obtuvo un buen número de resultados interesantes, pero no la explicación deseada. Algo había en la Termodinámica clásica, o en el tratamiento de la luz que fallaba de un modo radical.

Por aquellos tiempos otra escuela de físicos intentaba sustituir la Termodinámica por la explicación de los fenómenos térmicos y energéticos a partir de la Mecánica y la Estadística. En Europa, los más destacados representantes de esta escuela eran Maxwell (ya fallecido) y sobre todo Ludwig Boltzmann, un introvertido austriaco de agrio carácter, que protagonizó ácidos debates con alguno de los dis-



Planck

cípulos del propio Planck. Sus puntos de vista eran casi opuestos y mientras los termodinámicos clásicos (con Planck a la cabeza) no tenían siquiera la necesidad de pensar en la existencia de los átomos para construir sus teorías, el método de los mecánicos estadísticos requería la suposición de la existencia de átomos como entidades materiales a partir de la cual se elaboraban las teorías que deberían explicar el mundo macroscópico. Y a finales del siglo XIX la existencia de los átomos no era más que una hipótesis química para explicar los enlaces entre las diferentes sustancias. Esta discusión, la de la verificación física de la existencia de los átomos, debería esperar su resolución a los trabajos de Planck.

Luis Vega.  
Facultad de Física de la Universidad  
de La Laguna.