

**Hermann von Helmholtz, Ewald Hering y la visión del color:
¿Una controversia sobre estilos de razonamiento?**

Trabajo presentado para optar por el título de
Magíster en Filosofía
Escuela de Ciencias Humanas
Maestría en Filosofía
Universidad del Rosario

Presentado por:
Juliana Gutiérrez

Director:
Carlos Alberto Cardona

Semestre II de 2018

Herman von Helmholtz, Ewald Hering y la visión del color: ¿Una controversia sobre estilos de razonamiento?

Resumen: En la segunda mitad del siglo XIX, en el campo de la óptica fisiológica, se desarrolló una fuerte controversia entre Hermann von Helmholtz y Ewald Hering. Dentro de la fisiología de la percepción visual, varios temas exigían atención, entre ellos, la percepción del color. Para abordar este fenómeno, los dos buscaron definir los siguientes elementos: (i) ¿cuáles son los procesos fisiológicos y físicos que permiten la visión del color?; (ii) ¿cómo, a partir de unos colores primarios, podemos obtener el resto?; (iii), ¿cuáles son las relaciones de similitud o de diferencia entre los colores que observamos?, y, además, ¿cuáles son los criterios para definir estas relaciones? Tanto Helmholtz como Hering propusieron distintas teorías sobre el correlato fisiológico de la percepción del color y distintas cartografías para dar cuenta de las relaciones entre colores (i.e. distintas *gramáticas de colores*). En este artículo, defenderé que la controversia entre los dos autores versaba sobre principios muy profundos. Las tensiones entre los autores pueden entenderse como diferencias en estilos de razonamiento que emergen de diferentes presuposiciones. Particularmente, quiero sugerir que los desacuerdos pueden vincularse a las discusiones sobre cómo debían ser estudiados los fenómenos vitales en el contexto de los movimientos “románticos” en el campo de la medicina, la biología y la fisiología en Alemania durante la primera mitad del siglo XIX.

Palabras clave: *controversia científica, visión del color, óptica fisiológica, estilos de razonamiento, presuposiciones*

Introducción

El estudio de las controversias dentro del ámbito de la ciencia ha cobrado gran importancia desde la segunda mitad del siglo XX. Durante mucho tiempo se creyó que la ciencia no podía ser controversial; esto no porque en la ciencia no hubiese conflictos o diferencias, sino más bien porque la ciencia era considerada precisamente como aquella práctica que establecía métodos claros para resolver dichas diferencias. Así pues, si había algún conflicto, era claro que alguna de las partes (o ambas) tenía que estar incursionando en algún error que podía ser corregido. Pensábamos que la naturaleza tenía una forma de ser independiente de nosotros y que ésta podía ser conocida a partir de métodos claros y correctos de observación, experimentación y razonamiento (Cf., Pera, 2000, 50). Esta visión de la práctica científica ha sido fuertemente cuestionada. Ahora muchos han abandonado esta postura y ponen en duda la idea de que la naturaleza es un libro abierto que tiene una única

manera correcta de ser leída y conocida. Hay distintas formas de abordar el mundo, formas que pueden ser empíricamente equivalentes; hay muchos compromisos, creencias e intereses de los investigadores que pueden estar jugando un papel fundamental en las maneras de investigar el mundo y en las imágenes que nos formamos de él. Desde este punto de vista, en la ciencia ya el desacuerdo no es algo desafortunado o extraño que debe ser superado; más bien, parece ser algo constitutivo y continuo en la práctica científica (Cf., McMullin, 1987, 50).

En el momento en el que comenzamos a concebir la ciencia como una práctica donde el desacuerdo juega un papel estructural (esto es, donde los científicos pueden tener diversas creencias sobre cómo es el mundo sin que alguno de ellos tenga que estar equivocado o ser irracional), entender cómo surgen las diferencias y cómo son resueltas se volvió un tema de gran interés. En ese orden de ideas, en vez de entender las controversias científicas como producto del error de algún individuo o grupo de individuos a la hora de observar los hechos, o incluso como un error de inferencias a la hora de formular una teoría, podemos verlas como conflictos cuyas raíces pueden llegar a ser más profundas. Buscar cuáles son estas raíces se vuelve fundamental. En distintas controversias, las fuentes del desacuerdo y las maneras de llegar a un consenso pueden ser muy diversas; tomar algún caso de estudio e intentar identificar sus características puede ser iluminador. Esto es precisamente lo que me gustaría hacer en este texto; tomaré una controversia y trataré de identificar en qué punto surgieron los conflictos o las diferencias.

En la segunda mitad del siglo XIX, en el campo de la óptica fisiológica, se desarrolló una fuerte controversia que permeó notablemente la forma de abordar problemas e investigaciones. Esta controversia se ha presentado generalmente como un desacuerdo entre dos bandos o enfoques teóricos, innatismo y empirismo. Cada uno de los bandos contaba con grandes defensores: Hermann von Helmholtz (1821-1894) como empirista y Ewald Hering (1834-1918) como innatista. Por un lado, el innatismo pretendía explicar gran parte de nuestros fenómenos de la percepción visual a partir de características fisiológicas innatas de nuestros órganos receptores. El empirismo, por otro lado (a pesar de que también pretendía explicar algunos de los fenómenos de nuestra percepción visual a partir de aspectos fisiológicos) le daba una gran importancia a la historia de la experiencia del individuo como determinante en muchos de los aspectos de nuestra visión. Ahora bien, esta distinción entre innatismo y empirismo no era tajante; más bien, consistía en una cuestión de grado (Cf., Turner, 1994, 123): ¿qué tanto alcance se le quiere dar a aspectos fisiológicos innatos o a aspectos adquiridos a partir de la experiencia a la hora de explicar la percepción visual? Según la respuesta, se era innatista o empirista. Dentro del análisis de la percepción visual,

varios temas exigían atención y aclaración, entre ellos: (i) la percepción de la distancia y el espacio; (ii) por qué vemos *una* sola imagen en los puntos donde concentramos nuestra atención a pesar de que vemos con *dos* ojos y, además, cómo es el espacio o el lugar donde vemos de manera unificada (horóptero); y (iii) la percepción del color. En todos estos temas la polémica entre Helmholtz y Hering era patente. En palabras de Turner,

Helmholtz, Hering y sus escuelas estuvieron en desacuerdo alrededor de muchos asuntos, el principal de ellos siendo el sentido en el cual podría decirse que el ojo posee y necesita una mente con la cual ver. Alrededor de este tema, ellos discutieron la base de la capacidad humana para percibir visualmente el espacio y localizar objetos en ese espacio visual. ¿Es esta capacidad innata y presente en el nacimiento (la posición innatista) o es gradualmente adquirida a través del aprendizaje y la experiencia individual y mediada por procesos inferenciales (posición empirista)? La cuestión de la mente del ojo afectó el desacuerdo de las dos escuelas sobre los probables mecanismos receptores que subyacía a la visión del color. ¿Consisten estos en tres mecanismos produciendo respectivamente las sensaciones de tres colores fundamentales que luego son psicológicamente mezclados para producir el amplio rango de la experiencia de color? ¿O será que consisten en tres conjuntos de receptores antagonicos, produciendo respectivamente las sensaciones de negro-blanco, rojo-verde y azul-amarillo? ¿Puede la mente del ojo, al elegir entre estas alternativas, verídicamente juzgar la naturaleza primitiva o compuesta de estas sensaciones? ¿Será que la experiencia y procesos inferenciales subyacen al fenómeno de contraste y adaptación, o son estos producidos por mecanismos fisiológicos directos en la retina? [...] Las interpretaciones antagonicas de estas escuelas emergieron de profundos y divergentes compromisos metodológicos y, finalmente, de concepciones diferentes de la naturaleza de la vida y de la función orgánica. (Turner, 1994, 3-4)

Estoy de acuerdo con Turner en su afirmación de que las tensiones entre los dos autores emergieron de diferencias metodológicas y concepciones distintas sobre la naturaleza de su objeto de estudio. Ahora bien, ¿cuáles eran esas diferencias metodológicas? ¿Y cuáles eran, además, las concepciones que cada uno tenía de la vida y de aquello que buscaban estudiar? Considero que revisando un caso particular de la controversia es posible sacar a la luz esas tensiones profundas que el comentarista menciona. Por esta razón, en el presente trabajo tomaré el caso de la visión del color y analizaré cómo Helmholtz y Hering llevaron a cabo su investigación y postularon sus teorías. De este análisis podremos tener herramientas para caracterizar la controversia de otra manera distinta a “empirismo vs innatismo”, lo cual dará luces para incluso estudiar otros aspectos de las discusiones entre los dos científicos.

¿Qué tipos de preguntas se formulaban en los estudios sobre la visión del color? ¿Qué fenómenos se querían explicar y describir? Algunas de las principales cuestiones eran las siguientes: ¿Cómo podemos dar cuenta de la gama completa de colores sin olvidar que ella incluye colores adicionales al los señalados en el espectro electromagnético visible? Y, adicionalmente, ¿cómo se relacionan estos colores entre sí? Para solucionar estas cuestiones, se debían definir varios elementos: (i) ¿cuáles son los procesos fisiológicos y físicos que permiten la visión del color? (ii) ¿cómo, a partir de unos colores primarios, podemos obtener el resto? Y (iii), ¿cuáles son las relaciones de similitud o de diferencia entre los colores que observamos?, y, además, ¿cuáles son los criterios para definir estas relaciones? Cualquier teoría que se propusiera debía, a su vez, explicar fenómenos como la constancia del color en los objetos, el daltonismo, los contrastes simultáneos, las imágenes remanentes, entre otros. Los principales exponentes de cada uno de los bandos propusieron distintas teorías sobre el correlato fisiológico de la percepción del color y distintas cartografías para dar cuenta de las relaciones entre colores. No obstante, las vías por las cuales llegaron los dos bandos a formular sus propuestas parecen seguir un método muy distinto. Al indagar sobre cómo fue la manera en que ellos formularon las preguntas y abordaron a su objeto de estudio, quiero proponer que las diferencias entre los dos no sólo eran sobre aspectos teóricos (i.e., innatismo y empirismo) sino, más bien, sobre aspectos *estilísticos* (haciendo referencia a los “estilos de razonamiento” de Ian Hacking) y presuposiciones mucho más profundas.

Con este objetivo en mente, la estructura del artículo será la siguiente. En las primeras dos secciones, expondré un breve contexto sobre la controversia, presentaré razones por las cuales sería interesante resistirse a la caracterización clásica de la polémica e indicaré las categorías que utilizaré para sacar a la luz las diferencias entre los autores, a saber, los *estilos de razonamiento* de Ian Hacking. En el tercer apartado, presentaré brevemente cómo era el contexto particular en el cual se encontraba la medicina y las ciencias de la vida en Alemania a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX. En la cuarta sección, presentaré las posturas de Hering y Helmholtz en torno a la visión del color, los argumentos para formular sus teorías y las posibles consecuencias que se siguen de ellas; adicionalmente, resaltaré las diferencias estilísticas de los dos. Finalmente, sacaré a la luz las posibles razones por las cuales estas diferencias se presentaron; mostraré que las diferencias en estilos de razonamiento se deben a presuposiciones muy profundas sobre el fenómeno de la vida y la manera como este debe ser estudiado.

I. La caracterización de la controversia como “empirismo vs innatismo”

Como ya se había dicho, la controversia entre estos dos personajes se presentó como una discusión entre empirismo e innatismo. Así pues, en un principio, parece ser que el principal punto de quiebre era hasta qué punto el ojo necesitaba de una mente (o mejor, de una conciencia) para poder ver. Esta forma de caracterizar la controversia se debe, principalmente, al mismo Helmholtz (Cf., Turner, 1994, 80). Helmholtz, en el tercer volumen de su tratado sobre óptica fisiológica y en algunas otras conferencias, es el que caracteriza el corazón de la controversia entre estos dos extremos. En el primer capítulo titulado “A propósito de la percepción en general” del tercer volumen del tratado, Helmholtz expone la discusión en las siguientes palabras:

[...] generalmente puede ser difícil determinar cuánto de nuestras apercepciones derivadas del sentido de la vista se deben directamente a la sensación o cuánto de ellas, por otro lado, se debe a la experiencia y al entrenamiento. El punto principal de controversia entre varios investigadores de este territorio está también conectado a esta dificultad. Algunos están dispuestos a conceder a la influencia de la experiencia el mayor alcance posible, y a derivar de ella, especialmente, toda noción de espacio. Esta postura podría ser llamada *teoría empírica* [*empiristische Theorie*]. Otros, por supuesto, están obligados a admitir la influencia de la experiencia en el caso de ciertas clases de percepciones; sin embargo, respecto a ciertas apercepciones elementales que ocurren uniformemente en el caso de todos los observadores, ellos creen que es necesario asumir un sistema de apercepciones innatas que no se basan en la experiencia [...]. En contraposición a la postura anterior, esta podría ser llamada la *teoría innatista* [*nativistische Theorie*] de las percepciones de los sentidos. (Helmholtz, 1866/1962, v. 3, 10)

La postura empirista, entonces, es aquella que adopta como predisposición metodológica conceder lo que más se pueda a la influencia de la experiencia y del aprendizaje: “Por lo tanto, cualquier cosa que pueda ser superada [u obtenida] por factores de la experiencia, debemos considerarla como ella misma siendo producto de la experiencia y del entrenamiento. Al observar esta regla, encontraremos que son meramente las cualidades de las sensaciones las que deber ser consideradas como sensaciones puras reales.” (Helmholtz, 1866/1962, v. 3, 13). Esta perspectiva concibe a las sensaciones como *signos* del mundo exterior que luego somos capaces de interpretar y de organizar gracias a la experiencia y a la memoria (Cf., Helmholtz, 1868/1995, 177). En ese orden de ideas, lo que realiza un sujeto para poder organizar su percepción visual es lo que Helmholtz llama “*inferencias*”

inconscientes”: i.e., procesos inconscientes de asociación (o inducción) entre sensaciones pasadas (Cf., Helmholtz, 1866/1962 v. 3, 26-27).

Por otro lado, siguiendo la caracterización de Helmholtz, la postura innatista pretende negar (en lo que más se pueda) cualquier papel de la experiencia, postulando mecanismos fisiológicos para poder explicar fenómenos que podrían ser explicados mucho más claramente en términos de leyes psicológicas (Cf., Helmholtz, 1878/1995, 357). Para el autor, el innatismo tiene que asumir una armonía preestablecida entre las leyes de lo mental y las leyes del mundo exterior, mientras que, para el empirismo, la correspondencia entre lo mental y el mundo exterior se adquiere a partir de aprendizaje y experiencia (Cf., Helmholtz, 1868/1995, 177). Según Helmholtz, el innatismo no logra *explicar* los fenómenos de nuestra percepción visual; lo que hace es sencillamente postular *innecesariamente* procesos fisiológicos innatos (que incluso van en contra de los principios y leyes de la física) para dar cuenta de los fenómenos que pretenden abordar (Cf., Helmholtz, 1866/1962 v. 3, 17). En sus palabras,

La *teoría empírica* intenta probar, al menos, que *otras fuerzas no son necesarias* para [el origen de las percepciones] más allá de las ya conocidas facultades de la mente, incluso a pesar de que estas fuerzas continúen sin ser explicadas completamente. Ahora, generalmente en la investigación científica es útil la regla de *no hacer una nueva hipótesis siempre y cuando hechos conocidos parezcan adecuados para la explicación y la necesidad de nuevas suposiciones no haya sido demostrada*. Por esto consideré obligatorio preferir la postura empírica. Todavía menos intenta la *teoría innatista* dar una explicación del origen de nuestras imágenes perceptuales; pues simplemente se sumerge en el medio del asunto asumiendo que ciertas imágenes perceptuales pueden ser directamente producidas por un mecanismo innato cuando ciertas fibras nerviosas son estimuladas. (Helmholtz, 1866/1962, v. 3, 17. Énfasis propio)

Y, sólo unas líneas más adelante, el científico asocia a Hering con esa posición rival: “En su más reciente desarrollo [de la teoría innatista], especialmente formulada en términos de E. Hering, hay un hipotético espacio visual subjetivo donde las sensaciones de las distintas fibras nerviosas son supuestamente registradas de acuerdo a ciertas leyes intuitivas.” (Helmholtz, 1866/1962, v. 3, 17).

Hering siempre se opuso a dicha caracterización. La oposición entre empirismo e innatismo señalada por Helmholtz no era una oposición real; tanto los llamados “empiristas” como “innatistas” concedían espacio a mecanismos fisiológicos innatos y a la experiencia. En sus palabras, “Helmholtz llamó a mi visión “innatista” en comparación a la que él

defiende, la cual él llama “empirista”. Estas designaciones no son en absoluto adecuadas, pues convierten un punto menor en el asunto principal. Entre “innatismo” y “empirismo” no hay ninguna diferencia fundamental, solamente una diferencia de grado.” (Hering, 1878, 3). Desde el punto de vista de Hering, el centro de la discusión era la tensión entre lo que él identificaba como una tendencia *espiritualista* y una tendencia *fisiológica*. La primera tendencia buscaba restringir el reino de lo innato para poder dar un espacio más amplio y libre al espíritu humano. Aquellos que defendían dicha postura, a la hora de verse en problemas para poder explicar ciertos fenómenos, apelaban ‘al alma’, ‘al juicio’ o a la ‘conciencia’ a la manera de *deus ex machina* para poder eliminar las dificultades. En ese orden de ideas, al no poder explicar ciertos fenómenos sensoriales a partir de la física y la química, muchos se inclinaban por esta “fisiología espiritualista”. Para Hering, los “empiristas”, siguiendo la distinción de Helmholtz, tenían preferencia por dicha tendencia (Cf., Hering, 1878, 3).

La segunda tendencia, por el contrario, veía a los fenómenos de la conciencia como condicionados y apoyados en procesos orgánicos; por lo tanto, los fenómenos sensoriales debían tener, siempre, algún correlato fisiológico que pudiera dar cuenta de ellos. Esta postura buscaba hacer una fisiología de la conciencia o, mejor, una psicología fisiológica (Cf., Turner, 1994, 122-123). En palabras de Hering, “[a]sí considerados, los fenómenos de la conciencia aparecen como funciones de cambios materiales de la substancia organizada, y viceversa. [...] Ayudada por esta hipótesis, la fisiología moderna puede traer el fenómeno de la conciencia al dominio de su investigación sin abandonar la tierra firme del método científico” (Hering, 1897, 4-5). Teniendo en cuenta lo anterior, para Hering, la división entre empirismo o innatismo era, en un principio, irrelevante; la brecha entre las tendencias fisiológicas y espiritualistas era la fundamental.¹ Mientras que la primera dirección buscaba inferir las leyes de la conciencia a partir de procesos orgánicos y materiales, la otra tomaba la salida fácil y explicaba estos fenómenos a partir de ciertas particularidades o habilidades del alma.

Ahora bien, en el caso particular de la visión del color, ¿puede entenderse la polémica en términos de la caracterización clásica, i.e. empirismo vs innatismo? En mi opinión, mientras que para el estudio de la percepción del espacio la caracterización podía ser iluminadora, para la controversia sobre la visión del color no resulta adecuada. Aunque

¹ La postura de Hering estaba fuertemente vinculada a las teorías de fisiólogos como Gustav Fechner. Lo interesante es que el mismo Fechner estaba bastante cercano a posturas monistas como la de Spinoza y Schelling. En otras palabras, Fechner defendía algo cercano a un pansiquismo: el mundo entero estaba animado o tenía aspectos mentales (Cf., Fechner, 1836/ 2005), (Cf., Heidelberger, 1993).

ciertas explicaciones en torno a fenómenos como imágenes remanentes o contrastes simultáneos sí pueden separarse entre estos dos bandos, la razón por la cual los autores prefirieron ciertos mecanismos fisiológicos para el color en vez de otros no se puede aclarar entendiendo la polémica como una contraposición entre empiristas e innatistas. Las diferencias pueden ser mucho más fuertes, y pueden rastrearse incluso hasta aspectos *estilísticos* de la investigación y no meramente a las distintas teorías propuestas sobre cómo vemos.

Los principales exponentes de cada uno de los bandos propusieron distintas teorías sobre el correlato fisiológico de la percepción del color y distintas cartografías para dar cuenta de las relaciones entre colores. Sumado a esto, las vías por las cuales llegaron a formular sus propuestas parecen seguir un método muy distinto. En el caso de Helmholtz, primero se definen las variables mínimas con las cuales se pueden establecer las combinaciones de todos de los colores del espectro fenomenológico. Para hacerlo, parte del modelo matemático propuesto por Newton (1717/1977), acoge los sofisticados trabajos matemáticos de Grassmann (1854) y se remite a la información empírica recogida por Maxwell (1855). Luego se propone cuáles podrían ser los correlatos fisiológicos sensibles a cada uno de estos estímulos físicos con los cuáles se puede dar cuenta de la visión del color. En el caso de Hering, retomando una tradición iniciada por Goethe, su método parece seguir la siguiente máxima: hay que ir al fenómeno mismo y descubrir el protofenómeno o fenómeno primordial que subyace al fenómeno que se está estudiando. En ese orden de ideas, la investigación primero parte de un análisis fenomenológico del color, esto es, hay que estudiar el color como *cualidad visual* para definir las variables fenomenológicas o psicológicas mínimas con las cuales podemos dar cuenta de toda la gama de colores observables; después, se propone cuáles son los correlatos fisiológicos que correspondan o que expliquen estas variables. Adicionalmente, cada uno de estos caminos determina cartografías o gramáticas diferentes. Helmholtz, por su lado, propone tres colores primarios, verde, rojo y violeta, con los que se pueden obtener el resto de colores y, además, defiende la hipótesis de que en nuestro aparato receptor hay tres componentes o elementos, cada uno sensible a uno de estos tres estímulos (Cf., Helmholtz 1860/1962, v. 2). Hering, por otro lado, propone cuatro colores cromáticos primarios, a saber, rojo, verde, amarillo y azul, y dos colores acromáticos primarios, a saber, blanco y negro. Estas seis sensaciones se organizan en pares de opuestos: rojo-verde, amarillo-azul, y blanco-negro. La hipótesis de Hering consiste en que nuestro aparato receptor debe contar con tres elementos o procesos que corresponden a cada uno de estos pares opuestos (Cf., Hering 1964).

¿Se deben estos desacuerdos a cuestiones sobre empirismo e innatismo, o podríamos indicarlos como síntoma de una diferencia más fundamental? Creo que es posible inclinarse por la segunda opción. Adicionalmente, si analizamos las distancias entre ambos autores a la hora incluso de identificar el origen de sus discusiones, de pronto podemos poner en duda la caracterización que prevaleció. A mi modo de ver, el desacuerdo entre ambos autores puede ser expresión de tensiones muy profundas en torno a la manera como los fenómenos de la conciencia y los fenómenos vitales deben ser estudiados, tensiones que fueron transversales en la fisiología del siglo XIX en Alemania.

Por un lado, en la obra de Helmholtz podemos identificar una postura materialista y reduccionista que se oponía fuertemente a cualquier forma de vitalismo: este autor se puso el objetivo de explicar, hasta donde más se pudiera, fenómenos vitales y sensoriales a partir de las herramientas de la física o de la química (Cf., Cranefield 1957; Temkin 1946):

Los fisiólogos, entonces, deben esperar encontrarse con una conformidad incondicional a las leyes de las fuerzas de la naturaleza en sus investigaciones concernientes a los procesos vitales; deben dedicarse a la investigación de procesos físicos y químicos que se dan en el organismo. (Helmholtz, 1869/1995, 217)

Por otro lado, en los trabajos de Hering vemos una postura fuertemente escéptica frente al reduccionismo sugerido por Helmholtz. Hering consideraba contradictorio estudiar la vida a partir de nuestros conocimientos sobre lo inerte:

Dejemos de considerar la fisiología meramente como una física y química aplicada y evitemos así motivar la oposición justificable de aquellos que consideran como una tarea ociosa el buscar una explicación exhaustiva de lo vivo a partir de lo muerto. La vida puede ser completamente entendida únicamente a partir de la vida, y una física y una química que sólo han emergido del dominio de la naturaleza inanimada, y que por lo tanto sólo aplican a la naturaleza inanimada, son adecuadas únicamente para la explicación del tipo de cosas que son comunes para lo vivo como para lo muerto. (Hering, 1900, 169)

La tesis que defenderé en el artículo es que es posible considerar que estas diferencias metodológicas, o mejor, estilísticas (siguiendo el concepto de “estilo de razonamiento” propuesto por Ian Hacking) respondían a diferencias profundas que no sólo se limitan a si se era innatista o empirista sino, más bien, a distintas concepciones sobre qué es el fenómeno de la vida, qué es el fenómeno de la conciencia y cómo esto debe ser investigado. En ese orden de ideas, la controversia creció a partir de “profundos y divergentes compromisos

metodológicos y, principalmente, de concepciones dispares sobre la naturaleza de la vida y la función orgánica” (Turner, 1994: 4).

II. “Estilos de razonamiento” como categoría para entender la controversia

¿Qué es, entonces, un estilo de razonamiento? Un estilo de razonamiento ofrece o delimita qué proposiciones tienen sentido, i.e., cuáles son los candidatos a ser verdaderos o falsos; indica, también, cómo es que podemos llegar a la verdad de estas proposiciones (Cf., Hacking 1992). Así pues, los estilos no son sólo maneras de justificar; éstos señalan qué puede estar sujeto a confirmación, verificación o justificación, sobre qué cosas podemos hablar, cómo es que se puede hablar de dichas cosas y, sumado a esto, qué puede contar como una razón o evidencia a favor de la verdad de alguna proposición.

No hay enunciados que sean candidatos a ser verdaderos, ni objetos independientemente identificados sobre los cuales estar en lo correcto, anterior al desarrollo de un estilo de razonamiento. Cada estilo introduce muchas novedades incluyendo nuevos tipos de:

- Objetos
- Evidencia
- Enunciados, nuevas formas de ser un candidato a verdad o falsedad
- Leyes o modalidades
- Posibilidades (Hacking, 1992, 11)

Hacking, retomando algunos de los estilos identificados por el historiador Alistair C. Crombie², lista los siguientes (aunque la lista no es exhaustiva y muchos nuevos estilos pueden ser agregados):

- (i) Postular sistemas axiomáticos similares a los que utilizaron los matemáticos griegos (*estilo geométrico*).
- (ii) Elaborar estrategias experimentales para controlar postulados y para hacer exploraciones apoyados en la observación y medición (*estilo experimental*).
- (iii) Construir de manera hipotética modelos analógicos (*estilo analógico*).
- (iv) Ordenar la variedad a partir de comparación y taxonomía (*estilo taxonómico*).
- (v) Analizar regularidades de poblaciones con ayuda del cálculo estadístico y el cálculo de probabilidades (*estilo estadístico*).

² Crombie introduce el concepto de “estilo de pensamiento” para hacer referencia no tanto al contenido de las teorías científicas que se han postulado en la historia del pensamiento científico en Europa sino, más bien, para hacer énfasis en los métodos que ha seguido la tradición científica en Europa. Su trabajo más conocido son los tres volúmenes titulados *Styles of Scientific Thinking in the European Tradition* (1994).

- (vi) Realizar una derivación histórica de desarrollos genéticos (*estilo “evolutivo”*).
- y finalmente, Hacking agrega otros dos estilos a la lista, a saber,
- (vii) el estilo del laboratorio
- (viii) el estilo algorítmico.

Según Hacking, cada uno de estos estilos introduce posibilidades y formas de llegar a la verdad de enunciados que sólo cobran sentido dentro de un estilo. Ellos no son contrarios, ni opuestos ni inconmensurables. Son sencillamente diferentes e incluso pueden ser llamados a la investigación de un mismo proyecto (Cf., Hacking, 1992b, 137). En ese sentido, los estilos no son equivalentes a esquemas conceptuales o a paradigmas; pueden incluso estar íntimamente conectados. Los estilos de razonamiento, más bien, pueden verse como determinantes a la hora de entender cuáles son los estándares de evidencia de una comunidad, cuáles son sus métodos, sus formas de justificar, sus maneras de investigar, sus maneras de hacer preguntas y las posibles respuestas a esas preguntas (en este último aspecto se ven involucrados elementos como, por ejemplo, sobre qué cosas podemos hablar falsa o verdaderamente).

A pesar de que los estilos no son excluyentes, contradictorios u opuestos entre sí, si nos encontramos con diferencias a este nivel, las disputas pueden llegar a tener características muy peculiares que las alejan de otros tipos de enfrentamientos científicos. Si dos científicos o grupos de científicos difieren en el estilo que se presupone para poder abordar un mismo objeto, estos diferirían precisamente sobre aquello que puede ser dicho con sentido (es decir, qué es una proposición científica y qué es mera especulación), sobre aquello que puede contar como evidencia (i.e. si una proposición está bien justificada o no), sobre los métodos de experimentación, sobre qué cosas pueden postularse para poder ofrecer explicaciones, y, finalmente, sobre qué objetos podemos hablar. En el artículo defenderé que los conflictos entre Hering y Helmholtz pueden ser comprendidos en términos de diferencias sobre estilos, los cuales finalmente tienen consecuencias en (i) qué preguntas deben hacerse; (ii) qué respuestas pueden darse; (iii) cómo se puede llegar a esas respuestas; (iv) qué cuenta como una evidencia fuerte o una razón válida para sostener una respuesta; (iv) qué objetos en el mundo pueden postularse. Y, indagando mucho más hondo, estas tensiones estilísticas pueden deberse a presuposiciones sobre los objetos o fenómenos que se están estudiando.

A mi modo de ver, mientras que ambos estaban de acuerdo con utilizar *un estilo experimental*, Helmholtz seguía también un *estilo analógico* al cual Hering se oponía. Ambos estaban en el marco de la emergencia de la fisiología experimental y el rechazo a la manera como se había hecho fisiología y medicina en Alemania (Cf., Rothsuh, 1973). La filosofía

natural y el romanticismo a finales del siglo XVIII y en la primera mitad del siglo XIX tuvieron un gran efecto en las ciencias de la vida tales como la biología, la medicina y, entre esas, la fisiología. Como respuesta a estos movimientos, durante la segunda mitad del siglo se desarrolló una nueva forma de estudiar los fenómenos vitales. Pero en esa transición muchas preguntas seguían abiertas, por ejemplo, “¿cómo deben llevarse a cabo experimentos?”, o “¿qué variables son las que se deben controlar?” o “¿qué fenómeno es el que se está tratando de elucidar?” seguían siendo problemáticas. Así pues, en el marco del establecimiento de un estilo dentro de una ciencia particular, grandes preguntas y problemas pueden surgir acerca de cómo es que la comunidad debe llevar a cabo su actividad. Hering y Helmholtz se dividen en ese punto. El primero exigía estudiar el fenómeno de tal forma que fuese éste el que diese indicaciones para poder organizarlo y, además, reclamaba un estatus especial a muchos de los fenómenos que estaban involucrados con la vida. El segundo, en cambio, permitía la introducción de *modelos* ideados por las matemáticas y la física para organizar los fenómenos estudiados y demandaba una unidad de la ciencia en la manera de explicar en el ámbito de lo orgánico y de lo inorgánico. Por lo tanto, Helmholtz, además de seguir un estilo experimental como Hering, seguía también un *estilo analógico*. Hering, en cambio, se resistía profundamente a imponer modelos de la física a fenómenos que, según él, exigían herramientas y categorías propias. Estas tensiones pueden verse en el caso de los estudios sobre la visión del color. Opino que, si entendemos la controversia en estos términos, muchos puntos del debate pueden ser elucidados; creo, además, que puede llegar a ser más iluminador que entender los conflictos en el sentido de empirismo vs. innatismo.

Ahora, ¿cuáles son los rasgos particulares del estilo experimental y el estilo analógico? Por el momento ofreceré una descripción muy superficial. El estilo experimental puede caracterizarse así: (i) los investigadores producen situaciones donde pueden controlar (o incluso reducir) la complejidad de los fenómenos a estudiar; (ii) dichas situaciones deben poder ser reproducidas o repetidas por otros científicos; y (iii) deben contar con testigos confiables y competentes. El estilo analógico tiene los siguientes rasgos: (i) se parte de un modelo que organiza el fenómeno a estudiar y (ii) dicho modelo es el que indica cuáles son las variables a tener en cuenta; indica también (iii) qué preguntas hacer; (iv) qué tipo de explicaciones pueden ofrecerse y (v) qué tipo de descripciones pueden hacerse. Uno de los objetivos será identificar estas características en los métodos de los dos autores. En la siguiente sección expondré brevemente el contexto en el que se encontraba la fisiología en la primera mitad del siglo XIX, los cambios y transformaciones que se dieron en la segunda mitad del siglo y el lugar que Helmholtz y Hering ocuparon.

III. Contexto de la medicina y la biología en Alemania a principios del s. XIX y la emergencia de la fisiología experimental

Fisiología “romántica” y Naturphilosophie a principios del siglo XIX.

El contexto de la medicina (y, en general, de las ciencias de la vida como la biología y la fisiología) en Alemania durante este período fue bastante particular. Para muchos, este período es caracterizado como un momento donde la especulación y el oscurantismo contaminaron las ciencias de la vida en Alemania (Cf., Risse, 1976, 72). Por ejemplo, Karl E. Rothsuh (1973) caracteriza este período de la siguiente manera: “Todo el período fue caracterizado por una tendencia a derivar la teoría y la práctica médica a partir de consideraciones filosóficas sobre la naturaleza en vez de la experiencia. La misma actitud también fue manifestada en todas las ciencias naturales.” (155).

Una preocupación fundamental de la época era tratar de encontrar fundamentos sólidos para la medicina y la biología de la misma forma como éstos ya se habían ofrecido para la física (Cf., Risse, 1972). En medio de estas preocupaciones, en Alemania se dio un intento por fundamentar la medicina a partir de presupuestos filosóficos, en especial, de los conceptos de la *Naturphilosophie* de Friedrich Schelling. Este acercamiento filosófico, según algunos, en vez de controlar los eventos y los fenómenos a estudiar, se dedicó a tratar de especular, si se quiere, sobre la naturaleza profunda de dichos fenómenos (Cf., Rothsuh, 1972, 165). No obstante, es posible poner en duda algunos aspectos de esta caracterización. Muchas cosas valiosas se produjeron en este período, entre ellas, los estudios adelantados en electricidad animal, en morfología y fisiología comparada, en embriología, en psicología y, lo que en este momento más nos interesa, en fisiología de los sentidos (Cf., Rothsuh, 1965). Ahora bien, este período no sólo dejó ideas o conceptos que podían ser iluminadores; lo que intentaré mostrar es que también estableció ciertas máximas metodológicas a la hora de abordar algunos de estos fenómenos, las cuales se infiltraron en las investigaciones en el auge de la fisiología experimental.

Cómo los principios de la *Naturphilosophie* de Schelling fueron utilizados en la práctica de la medicina y de muchas otras disciplinas científicas es un tema amplio que excede el espacio de este artículo. Sin embargo, me arriesgaré a identificar algunos aspectos que más tarde cobrarán importancia: (i) desde esta perspectiva se asumía que la naturaleza, en todos sus ámbitos, era orgánica; (ii) se pensaba que las leyes que rigen a la naturaleza eran las leyes de un espíritu o inteligencia que subyace a todos los fenómenos y eventos. En ese orden de ideas, la naturaleza parecía estar regida por una inteligencia cuyas leyes nosotros podíamos desentrañar. Bajo esta presuposición, se consideraba posible llegar a la estructura

última del mundo: un ejercicio juicioso de introspección al mismo tiempo que un ejercicio de observación podía permitirnos identificar cuáles son las estructuras o aquello profundo que subyace al fenómeno que se quiere estudiar. En palabras de Schelling, “Dado que hay en nuestro espíritu una añoranza infinita a organizarse a sí mismo, también en el mundo exterior debe revelarse a sí misma una tendencia general a la organización.” (Schelling, 1797; citado en Morgan, 1990, 31).

Schelling buscaba demostrar a través de argumentos extensos y apelación a la práctica científica que los principios básicos dados objetivamente en la naturaleza eran isomórficos con aquellos actos delineados subjetivamente en el yo. Él pensaba que esta simetría podría ser modelada claramente y entendida a través de las producciones del genio estético. Entonces, cuando el biólogo o el médico o el naturalista de disposición Schellingneana habría de explorar a la naturaleza [...] él descubriría allí el otro reino del yo, donde las fuerzas eran familiares y la mente encontraría su doble desplegado de la forma más bella. (Richards, 2002, 116)

La creencia de que el espíritu intuía en sus productos únicamente su “propia naturaleza auto-desarrolladora” significaba para Schelling que las propiedades del espíritu eran expresadas en la naturaleza y estaban allí para ser vistas por el *Naturforscher* (literalmente, investigador de la naturaleza). (Morgan, 1990, 31)

Ahora bien, el fenómeno de la vida es precisamente el fenómeno donde más vemos un comportamiento inteligente; las leyes y las estructuras de este fenómeno podían estar a la mano si lo estudiábamos con cuidado y si, precisamente con este ejercicio de introspección, podíamos identificar las leyes y la organización que nosotros le damos con nuestra mente. De esta manera, era posible obtener un marco verdadero para el mundo natural y, en este caso, para la medicina. ¿Cómo, entonces, se hacía fisiología desde este punto de vista? ¿Qué hacía un fisiólogo, un médico o un biólogo? La tarea fundamental era dar cuenta de las leyes y de la naturaleza profunda que subyace al fenómeno de la vida, y para lograr esto, el método parecía ser el siguiente (haciendo eco de las sugerencias de Goethe): debemos ir al fenómeno mismo e identificar ese fenómeno primordial o protofenómeno; a saber, identificar esa estructura o aspecto que hace que, en cierto sentido, algo se presente como se presenta. El que indica cuál es la naturaleza o la forma de aquello que se estudia no es un científico que se acerca con modelos previos sobre su objeto de estudio, sino, más bien, el objeto mismo que se pretende estudiar: es una conversación constante entre el fenómeno y el investigador lo que, al final, permite emerger esa estructura que puede iluminar y organizar al fenómeno que se quiere comprender. Luego de llegar a este punto, no hay que hacer nada más (Cf., Goethe, 1818/2006, §§175-177).

Dicho de otra manera, lo que debía hacer un científico o investigador de la naturaleza no era imponer estructuras o modelos anteriores al fenómeno para poder comprender. En pocas palabras, es el ojo inocente y desprevenido el que da el fundamento adecuado para una ciencia natural (Cf., Knight, 1990, 17). Dado que las leyes de la vida eran acordes a las leyes de una mente, entonces también con un proceso de introspección y de observación (una retroalimentación entre el fenómeno y el sujeto), se podía dar cuenta de la estructura profunda de dicho fenómeno. Según el mismo Helmholtz, el médico de inicios del siglo XIX “creía que tenía que lidiar con un ser animado por un alma frente al cual un pensador, un filósofo, y un hombre inteligente debía oponerse.” Investigar al organismo (o a un ser humano) por medios mecánicos “era una investigación que el médico con una clara visión mental no necesitaba.” (Helmholtz, 1877/1995, 318-319). Esta teoría filosófica de la naturaleza apoyaba la viva convicción de que el investigador natural que podía sondear las profundidades de la naturaleza podía, eventualmente, llegar al fondo de las cosas (Cf., Richards, 2002, 134). “Únicamente el *Naturphilosoph* con un acceso a la verdad sobre el espíritu absoluto podía decir lo que la Naturaleza era. Las ciencias menores sólo podían llegar a lidiar con los símbolos de esa realidad.” (Morgan, 1990, 33).

Emergencia de la fisiología experimental

Estos principios que guiaron a la actividad científica generaron que la investigación sobre algún fenómeno se viese más como un ejercicio filosófico y de observación y no como un ejercicio de intervención controlada sobre los fenómenos. De ahí que, en numerosas ocasiones, este período de la medicina y de las ciencias de la vida fuese caracterizado como oscuro y especulativo. Por esta razón, muchos científicos respondieron fuertemente en contra del proyecto científico de la medicina y la fisiología. Para algunos, atar la investigación a aspectos restringidos únicamente a la filosofía y a la especulación parecía ir en contra del desenvolvimiento y progreso que se estaba dando en otras ciencias como la física y la química. Lo que se debía hacer, más bien, era tomar el modelo de estas ciencias, sus métodos y sus conceptos, para ver hasta dónde podíamos llegar a comprender los fenómenos que se querían estudiar. Johannes Müller (1801-1858), fisiólogo de la primera mitad del siglo XIX, fue uno de los mayores exponentes de este movimiento. Müller no fue sólo un fisiólogo con grandes aportes sino, además, un científico con un gran número de discípulos que luego iban a ocupar las plazas de fisiología en grandes universidades de Alemania (Cf., Rothschild, 1973, 203). En otras palabras, su impacto no sólo fue por sus investigaciones sino, también, por el gran número de científicos que pasaron por sus laboratorios y aulas y que luego iban a marcar el ritmo de lo que se debía hacer en fisiología. Entre esos, se encontraban el mismo Helmholtz, Ernst Brücke (1819-1892) y Emil du Bois Reymond (1818-1896), quienes serían,

junto con Carl Ludwig (1816-1895), los que luego promoverían fuertemente el proyecto reduccionista de poder dar cuenta del mayor número de fenómenos vitales en términos únicamente físicos y químicos (Cf., Cranefield, 1957).

Müller fue un gran promotor del uso de la observación cuidadosa de fenómenos controlados con ayuda de instrumentos (tales como el microscopio) en la investigación fisiológica. Se concentró, entre muchos otros ámbitos, en fisiología de la percepción. En sus investigaciones tomó herramientas de la física, la química y de la matemática; no obstante, en consonancia con algunos aspectos tomados precisamente de aquella tendencia de la cual se quería alejar, defendió siempre la particularidad de los fenómenos vitales y de la necesidad de estudiar dicho fenómeno sin pretensiones reduccionistas. Para él, debía haber algún principio o fuerza vital que explicase este comportamiento, el cual no era observable en los objetos de estudio de la física y la química (Cf., Rothschuh, 1972, 198-199).³ Adicionalmente, a la hora de hacer experimentos, abogaba por una postura que podría ser similar al llamado de Goethe de permitir que los fenómenos, ellos mismos, diesen las pautas y las directrices sobre qué podemos decir de ellos. En ese orden de ideas, Müller es un promotor de la experimentación, pero no una que fuerza a la naturaleza a responder lo que uno quiere que ella responda. Müller se aleja de la *Naturphilosophie* en el sentido de querer buscar evidencia empírica para poder hacer afirmaciones sobre el mundo y ver con sospecha un trabajo únicamente especulativo; sin embargo, sigue cercano a ella al considerar que a través de la observación cuidadosa es posible develar la estructura profunda del fenómeno. Bajo este presupuesto, la experiencia y el fenómeno nos dirá qué podemos decir de nuestro objeto de estudio; no sirve tomar conceptos o abstracciones para poder organizar aquello que estamos estudiando de antemano. Esto se logra evidenciar en la siguiente cita:

Nada es más fácil que llevar a cabo una serie de estos supuestamente llamados experimentos. En efecto, uno puede siempre interrogar a la naturaleza a la fuerza y ella nos dará una respuesta en su angustia. Pero nada es más difícil que la interpretación correcta de la naturaleza, nada más duro que planear un experimento verdaderamente válido. Nosotros consideramos que el objetivo principal de la fisiología contemporánea es mostrar y asumir estos obstáculos. [...] La contemplación simple y discreta de la naturaleza y ser capaz de reconocer la cosa correcta, la verdad de las apariencias, esa

³ Du Bois-Reymond describía la posición de su profesor en las siguientes palabras: “Los organismos son susceptibles de acciones físicas y químicas, pero la forma como estas entidades vivas reaccionan a las influencias inorgánicas es marcadamente diferente. Agentes físicos se transmiten entre ellos cierto movimiento, y los elementos químicos interactúan entre ellos para formar un tercer componente. En contraste, cuando estos estímulos físico-químicos excitan nuestro organismo, ellos sólo pueden provocar la apariencia de una propiedad orgánica: la energía vital.” (Du Bois-Reymond, 1860; citado en Rothschuh, 1973, 199).

debería ser la meta relevante para ambos el naturalista y el fisiólogo. Bajo estas circunstancias, deje a su mente experimentar lo que ella quiera, pues ésta sentirá más de lo que es aparente a los sentidos en los objetos bajo estudio. De igual modo que experiencias y observaciones son derivadas de ideas preconcebidas, estos fenómenos sensibles formarán otras ideas. En verdad, la experiencia se convierte en el fermento generador de la mente. Pensamiento abstracto acerca de la naturaleza no es el área adecuada para la investigación fisiológica, pues el fisiólogo debe experimentar la naturaleza para poder desarrollar pensamientos sobre ella. (Müller, 1824; citado en Rothschild, 1973, 197-198)

Podemos ver entonces cómo un estilo (el estilo experimental) se estaba estableciendo, pero en ese punto muchas diferencias comenzaron a gestarse. Los discípulos de Müller (Helmholtz, Brücke y Du Bois-Reymond, entre otros) comenzarán a concebir la posibilidad de hacer una fisiología experimental que no solo pudiese adaptarse a los estilos de experimentación de las ciencias de la física y la química sino, más aún, que pudiese tomar los conceptos y las leyes de la física y la química para poder explicar los fenómenos vitales.

Helmholtz estudió medicina en Berlín durante los años 1838 y 1842; cuando comenzó a estudiar tenía 17 años. A pesar de tener más inclinaciones por la física, las dificultades económicas y la posibilidad de recibir una beca para hacer sus estudios médicos lo impulsó a seguir ese camino (Cf., Turner, 1994, 35). Durante estos años, Helmholtz fue formado en el marco del romanticismo y la *Naturphilosophie*. No obstante, tuvo la oportunidad de estudiar con aquellos que buscaron alejarse de dichos movimientos, entre esos, Johannes Müller. Luego de trabajar como médico en el ejército por seis años (1842-1848), logró renunciar a su carrera militar y volver a Berlín para trabajar con Müller. En este entorno, Helmholtz se interesó por la fisiología de la percepción y por el abordaje físico-químico de los fenómenos vitales. Helmholtz no sólo siguió los impulsos de Müller de hacer una fisiología experimental con métodos cuidadosos de observación, sino que, además, promovió el ejercicio de una investigación fisiológica de la mano de la física y de la química. La fisiología debía tomar no sólo herramientas de dichas ciencias sino, además, intentar entender sus fenómenos en los términos que estas ciencias dictaban. Helmholtz, en este espíritu, caracteriza la tarea comenzada por Müller y desarrollada por él y sus colegas de la siguiente manera: “El médico debe ser capaz de construir todo sobre un conocimiento de los procesos físicos si quiere adquirir una base científica verdadera para su actividad práctica.” (1877, 325).

Hering era 13 años menor que Helmholtz. Ingresó a la escuela de medicina a los 19 años en Leipzig donde también tuvo la oportunidad de ser formado en un contexto donde la

medicina, a pesar de seguir permeada por todo el entorno aquí reseñado, estaba buscando posicionarse como una ciencia experimental y donde la fisiología ya se estaba acercando a las demandas establecidos por personas como Müller. Aunque no fue discípulo directo de Müller, Hering siempre explicitó la influencia que las ideas defendidas por Müller tuvieron sobre él; más aún, insistía en ser él el verdadero seguidor de la tradición comenzada por Müller y denunció la distorsión que otros habían hecho de él (entre esos, Helmholtz). A pesar de ser más joven y no contar con el prestigio de Helmholtz, Hering desde muy temprano comenzó a expresar sus diferencias de manera intensa.⁴ La mayor parte de su carrera académica la desarrolló en Praga, donde estuvo desde 1870 a 1895.⁵ Esto generó que, en cierto sentido, Hering estuviese muy alejado de la actividad y la dinámica científica en la que Helmholtz se estaba desarrollando; así pues, durante muchos años estuvo en la periferia del epicentro de la producción científica.

Hering acogió las ideas de Müller e insistió en que, a pesar de la necesidad de tomar las herramientas y el rigor experimental adelantado en física y en química, el estudio de la vida requería de otros conceptos y de otros modelos de explicación diferentes a los utilizados para estudiar la materia inorgánica. En vez de centrarse en los procesos físicos que se dan en el cuerpo (o, si se quiere, en vez de centrarse en la manera como interactúan las partes de una máquina), lo importante es captar el sentido de los movimientos y de los acontecimientos que se dan en esa máquina. Sólo así será posible identificar cuáles son las leyes que guían a los procesos orgánicos (Cf., Hering, 1897, 4). En ese orden de ideas, parece ser que Hering estaba reclamando algo que puede hacer eco de ciertas máximas de los médicos y biólogos de inicios del siglo e incluso del mismo Müller: aquello que estamos observando debe ser lo que nos dicta la pauta de cuáles son sus estructuras y cómo podemos hablar de ello; la observación cuidadosa del fenómeno puede, en efecto, develar estas estructuras y los significados que le subyacen.

Como se puede ver, ambos autores hacían parte de una generación que estaba reclamando una transformación en el ámbito de la fisiología: para ellos, era necesario una fisiología experimental. Sin embargo, en medio de esta transformación, Helmholtz sugirió tomar los modelos de la física para poder llevar a cabo su investigación. Hering, en cambio, consideraba que los fenómenos vitales debían ser estudiados con conceptos y categorías autónomos. A lo largo de lo que sigue del artículo, mostraré, con el estudio sobre las teorías

⁴ En 1860, sólo con 27 años, publicó su trabajo *Beiträge zur Physiologie* [contribuciones a la fisiología], donde expresó sus reservas con Helmholtz en torno a la visión binocular.

⁵ Durante casi 25 años Hering trabajó en Praga como colega de Ernst Mach. Mach incluso estuvo de acuerdo en muchos de los aspectos defendidos por Hering y, adicionalmente, adelantó investigaciones en torno a las sensaciones de manera muy similar a Hering y Gustav Fechner.

sobre la visión del color, cómo estas diferencias pueden manifestarse y cómo pueden entenderse. En la siguiente sección me centraré, entonces, en las teorías propuestas por ambos autores.

IV. La visión del color y las teorías de Helmholtz y Hering

En los estudios sobre la visión del color, tres preguntas eran fundamentales: (i) ¿qué procesos fisiológicos y físicos de nuestro aparato receptor permiten la visión de colores, teniendo en cuenta que los colores no son propiedades de los objetos sino, más bien, algo que emerge a raíz de la manera como los objetos (y la luz que ellos reflejan) nos afectan?; (ii) ¿cómo es posible obtener toda la gama de colores que observamos, teniendo en cuenta de que los colores observables no se reducen a la franja visible del espectro electromagnético?; y (iii) ¿cuáles son las relaciones de similitud o de diferencia entre los colores que observamos?, y, además, ¿cuáles son los criterios para definir estas relaciones? Para responder estas cuestiones, los autores siguieron la siguiente agenda: los dos construyeron *cartografías* o *espacios* del color donde se ilustraba la manera como los colores están relacionados entre sí; los dos sugirieron un correlato fisiológico que pudiese explicar por qué vemos colores partiendo de las variables con las que construyeron su cartografía; y, adicionalmente, los dos llevaron a cabo experimentos (o se valieron de evidencia empírica recogida por otros) para poder defender sus hipótesis. Es en la manera como ambos autores llevaron a cabo esta agenda que se puede evidenciar las tensiones que quiero resaltar. A continuación, presentaré las propuestas de cada uno de ellos.

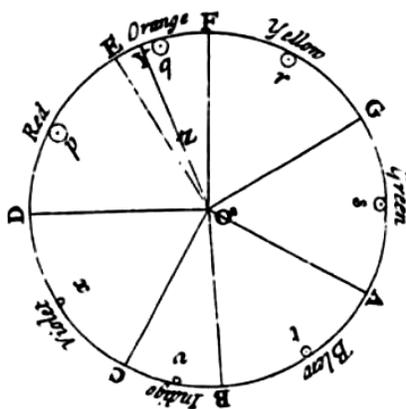
Hermann von Helmholtz

Helmholtz, en el momento de presentar su teoría sobre la visión del color, tiene varios puntos de partida. En primer lugar, Helmholtz asume una teoría ondulatoria de la luz: al descomponer la luz blanca con ayuda de un prisma, podemos observar distintos rayos con diferentes longitudes de onda, los cuales, al afectar nuestro órgano de la visión, generan la sensación de distintos colores. Esta gama de colores que observamos cuando la luz pasa por un prisma es lo que conocemos como el espectro electromagnético (Cf., Helmholtz, 1860/1962 v. 2, 61; Cf., Helmholtz, 1869/1995, 154). En palabras de Helmholtz, “[e]n general, entonces, la luz, que consiste en ondulaciones de distintas longitudes de onda, produce diferentes impresiones sobre nuestro ojo, a saber, impresiones de distintos colores.” (Helmholtz, 1968/1995, 154); “[l]as diferentes sensaciones de color en el ojo dependen de la frecuencia de las ondas de luz de la misma manera como las sensaciones de tono dependen de la frecuencia de las ondas de sonido.” (Helmholtz, 1860/1962, v. 2, 76). Adicionalmente,

los rayos de distintas longitudes de onda, o mejor, rayos de luz “homogénea” o de un solo color (Cf., Helmholtz, 1869/1962, v. 2, 62), pueden combinarse generando la sensación de otros colores del espectro e incluso colores que no estaban ahí en un principio (i.e. el púrpura).⁶ Helmholtz se remite al instrumento ideado por Newton (1717/1977), a saber, el círculo de colores, para representar en un espacio todos los colores observables, cuáles son sus relaciones de vecindad y de qué formas podemos obtener mezclas de colores. Helmholtz acoge dicho círculo teniendo en cuenta las modificaciones y la evidencia empírica introducidas por Grassmann (1854) y Maxwell (1855).

¿En qué consiste el círculo de Newton? Newton propone representar los colores del espectro prismático en una curva cerrada (él se imaginó una circunferencia), la cual se une por el rojo y el violeta a través del púrpura (Figura 1). En la circunferencia se encuentran los colores más puros o “saturados”, y en la mitad del círculo se ubica el blanco, pues éste supuestamente es el resultado de la combinación de todos los colores del espectro. Con este círculo de color, es posible determinar el lugar de todo color compuesto asignando pesos o cantidades a los colores simples que están en la combinación. En palabras de Newton, “todos los colores que forman la luz en el universo y que no dependen del poder de la imaginación, o son los colores de las luces homogéneas o se componen a partir de ellos según la regla expuesta en el problema anterior [i.e. el círculo de color].” (1717/1977, prop. VII, teor. V). Newton define siete colores simples intentando establecer una analogía entre la serie de colores y la escala musical que tiene siete tonos: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, añil y violeta. Cada color simple ocupa en la circunferencia un arco proporcional al espacio que ocupa en el espectro, y en la mitad de cada arco se ubica el centro de gravedad. Trazando una línea recta entre los dos colores que deseamos combinar y, además, asignando los pesos de cada color, podemos determinar el “centro de gravedad” de la combinación. Si trazamos una línea que va desde el centro del círculo pasando por el centro de gravedad del color compuesto hasta la circunferencia, el punto donde corta dicha línea indica el *matiz o tono* del color compuesto. La distancia que hay desde el centro de gravedad de la combinación hasta la circunferencia indica el grado de “intensidad” o de *saturación* del color; mientras más alejado se encuentre del centro, más puro e intenso es y, mientras más cerca del centro, más pálido. Es importante aclarar que todos los matices del espectro se pueden obtener mezclando pares de colores; no es posible obtener un nuevo matiz (por fuera del espectro) mezclando más de dos colores simples.

⁶ Así pues, Helmholtz hace la distinción entre colores compuestos y colores simples: por ejemplo, es posible tener un naranja “puro” u homogéneo cuando aislamos los rayos del espectro que producen esta impresión y, adicionalmente, podemos tener un naranja compuesto al combinar distintos rayos de luz con diferentes longitudes de onda. Es importante señalar que, fenomenológicamente, un sujeto no puede diferenciar entre un color simple y uno compuesto (Cf., Helmholtz, 1962, v. 2, 120).



°Figura 1. Círculo de Color de Newton⁷

Sumado a esto, Helmholtz se remite al trabajo de Grassmann (1854) y muestra que el mismo diagrama de Newton puede ser construido partiendo de tres variables involucradas en cualquier percepción de color, a saber, (i) saturación, (ii) tono y (iii) brillo o luminosidad (Cf., Helmholtz, 1860/1962 v. 2, 132).⁸ Finalmente, también haciendo alusión a los estudios de Maxwell (1855), Helmholtz defiende que es posible representar este mismo espacio de color a partir de tres colores primarios, (los cuales se eligen arbitrariamente; la única condición es que con la mezcla de dos colores no pueda obtenerse el tercero) (Cf., Helmholtz, 1869/1962 v. 2, 134, 141). Las cartografías construidas, ya sea a partir de tres colores primarios o a partir de las tres variables mencionadas, son equivalentes al instrumento propuesto por Newton. Así las cosas, la carta de color se puede construir con mínimo tres variables, ya sean tres colores primarios o las tres variables presentes en cualquier percepción del color (i.e. saturación, tono y luminosidad). Con todos estos elementos, el autor se pone en la tarea de construir un espacio del color.

El espacio se construye partiendo de un triángulo; en cada vértice del triángulo están ubicados tres colores primarios (Figura 2). Siguiendo el método de los centros de gravedad, se deben ubicar todos los colores producidos a partir de los tres primarios. En ese orden de ideas, todos los colores que se puedan obtener mezclando los colores *A* y *B* están ubicados en la línea *AB*; los que se pueden obtener mezclando *A* y *C* están ubicados en la línea *AC* y los que se obtienen mezclando *B* y *C* están ubicados en la línea *BC*. Gran parte de los colores que se obtienen a partir de *A*, *B* y *C* se ubican en el interior del triángulo. No obstante, algunos

⁷ Tomada de Newton (1717/1977), p. 137

⁸ Grassmann mostró que el método de los centros de gravedad de Newton es equivalente a la construcción de un espacio vectorial de tres dimensiones. En ese orden de ideas, la cartografía se construye o bien erigiendo un sistema de coordenadas de tres dimensiones, o eligiendo tres muestras de color erigidos como primarios para componer el resto de colores.

colores, como se verá más adelante, pueden ubicarse por fuera del triángulo. Los colores exteriores al triángulo se conciben a partir de “masas” negativas asociadas a los colores primarios; es decir, yo podría combinar $-\alpha$ cantidad de A , β cantidad de B , μ cantidad de C , para obtener un color compuesto con ϕ cantidad M , i.e., $-\alpha A + \beta B + \mu C = \phi M$. Ahora bien, ¿cómo se pueden interpretar las masas negativas asignadas a un color primario? Si acogemos esta ecuación, simplemente podemos reescribirla de tal forma que el coeficiente negativo asignado a A quede positivo al pasarlo al otro lado, i.e., $\beta B + \mu C = \phi M + \alpha A$: β cantidad de B y μ cantidad de C producen un color con ϕ cantidad de M y α cantidad de A .

En la figura 2, el color ubicado en el punto D a medio camino entre A y B se obtiene mezclando la misma cantidad de los colores A y B . Mientras más cantidad (o peso) se agregue de, digamos, A , entonces el centro de gravedad de la combinación se ubicará más cerca de A (pues ese es el lugar es donde tendría que ubicarse el apoyo de una balanza para equilibrar los pesos). Si, por ejemplo, se quiere obtener un nuevo color E agregando cantidades de color C al color compuesto D , se traza una línea recta DC y se ubica el centro de gravedad de acuerdo a la cantidad de color que se agregue de C y D . En el interior del triángulo están representados la mayoría de los colores compuestos por los colores A , B y C . Con este mismo método, también se puede determinar la ubicación de todos los colores que quedan por fuera. Si queremos ubicar un color F obtenido a partir de la mezcla de E y un color M por fuera del triángulo, trazamos el segmento EM y seguimos el mismo método. Si la cantidad de M es muy pequeña, entonces el color F todavía estará ubicado en el interior del triángulo. Si la cantidad de M va aumentando, podremos determinar la ubicación de todas las combinaciones que contienen a M en el segmento EM , incluso si se encuentran por fuera del triángulo; este sería el caso del color H

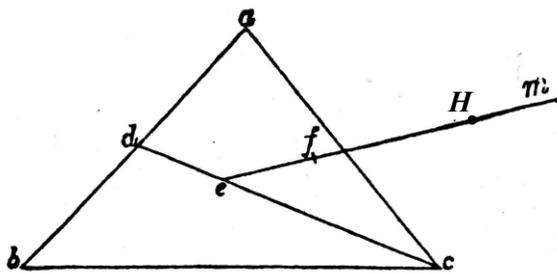


Figura 2. Triángulo de colores⁹

⁹ Tomado de Helmholtz (1860/1962, v. 2), p. 134

Si tomamos el círculo de Newton e insertamos el triángulo de color, podremos identificar qué colores se producen a partir de tres colores primarios (Figura 3.) En la figura, vemos que gran parte de los colores que se obtienen a partir del violeta (*V*), del rojo (*R*) y del verde (*G*) están ubicados en el triángulo *VRG*; los que se obtienen a partir del azul cian (*C*), rojo (*R*) y amarillo (*Y*) están ubicados en el triángulo *RYC*. En una primera aproximación, se puede tener la expectativa de tener los colores saturados agrupados en una circunferencia; si, además, todos los colores están a la misma distancia del blanco, entonces el blanco debería ubicarse en el centro del círculo.¹⁰

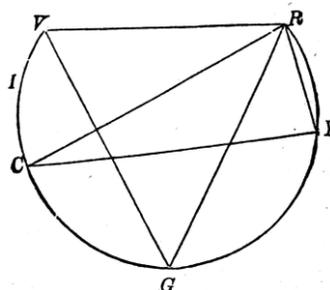


Figura 3. Círculo de color y triángulo de color¹¹

Helmholtz escoge el violeta, el rojo y el verde como los colores primarios para hacer la carta de colores. No hay nada en los colores del espectro que indique que unos en particular deben ser los colores primarios; en ese sentido, la carta podría ser construida con cualesquiera tres colores que estén más o menos alejados entre sí en el espectro prismático y que a partir de la mezcla de dos no sea posible obtener el tercero. Helmholtz elige esos tres motivado por las observaciones y los descubrimientos sobre el daltonismo (pues ahí se puede ver cierto protagonismo del verde y del rojo) (Cf., Helmholtz, 1860/1962, v. 2, 145).

Tenemos entonces un instrumento matemático que nos da la pauta para determinar cómo debemos construir una carta a partir de información empírica. Como veremos, dicha información nos hará abandonar al círculo esperado por Newton. Para comenzar a recoger evidencia, muchas cosas se deben definir, como, por ejemplo, el concepto de “cantidad de color” y, luego, identificar cuánto se necesita realmente de cada color para conseguir una combinación en particular. En palabras de Helmholtz,

¹⁰ Es importante aclarar que más adelante, luego de recolectar información empírica, la expectativa de recoger a los colores saturados en una circunferencia y de ubicar el blanco en el centro tendrá que abandonarse.

¹¹ Tomado de Helmholtz (1860/1962, v. 2), p. 142

El instrumento de Newton para exhibir las leyes de la mezcla de colores a través del método utilizado para construir centros de gravedad era pensado originalmente sencillamente como una forma de imagen matemática para expresar gráficamente una gran cantidad de hechos; la justificación para él era que los resultados encontrados a través de este proceso eran cualitativamente compatibles con realidades experimentales, incluso a pesar de que ellas no habían sido probadas cuantitativamente. (Cf., Helmholtz, 1860/1962, v. 2, 140)

Con esto en mente, Helmholtz formula como hipótesis un espacio como el exhibido en la figura 4. En dicha figura, ya es claro que el círculo de Newton está deformado. La curva cerrada de los colores saturados ya no es una circunferencia y el blanco ya no estaría ubicado a la misma distancia de todos los colores saturados, pues para obtener un blanco a partir de un amarillo verdoso y un violeta, se necesita muy poco violeta y mucho más amarillo verdoso; esto ubicaría al blanco mucho más cerca del amarillo que del violeta. A pesar de estas diferencias, hay elementos fundamentales que se mantienen: (i) la curva de colores saturados es una curva cerrada; (ii) el blanco sigue ocupando un lugar protagónico, y (iii) hay pares de colores que se pueden mezclar para obtener el blanco (colores complementarios).

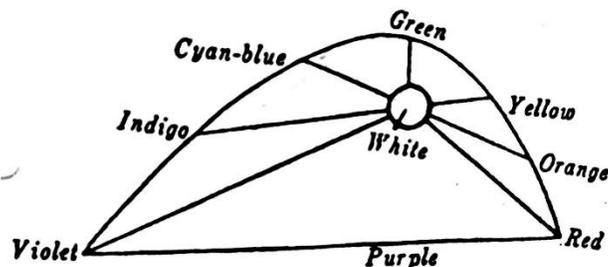


Figura 4. Cartografía de Helmholtz¹²

¿Cómo se logra construir el espacio a partir de información empírica? El ejercicio consiste en determinar dónde estaría ubicado un color particular en ese espacio; para hacerlo, es necesario identificar qué tanta “cantidad” de cada uno de los colores primarios es necesaria para obtener el color en cuestión. En ese sentido, los experimentos deben permitir controlar variables como “cantidad de color” de manera precisa y, adicionalmente, preguntarle a un observador en qué momento, a partir de una mezcla particular, logra observar un color determinado. Para ello requerimos un experimentador manipulando cantidades de colores (es

¹² Tomada de Helmholtz (1860/962, v. 2), p. 139. Como se puede ver, en la cartografía de Helmholtz se abandona la circunferencia de la representación inicial de Newton. Sin embargo, se siguen manteniendo la ley de la combinación de colores y, además, el método de los centros de gravedad.

importante aclarar que esto no puede llevarse a cabo mezclando pigmentos, pues en estos casos tenemos fenómenos de absorción y no mezclas de luces) y, adicionalmente, que haya un observador reportando qué color ve. Maxwell llevó a cabo este tipo de experimentos tanto con discos de colores como con luces “homogéneas”. Para fines del artículo, sólo reconstruiré uno de los experimentos.¹³ El experimento realizado con discos de colores consiste en lo siguiente (Figura 5). Primero, se construye un disco de tal forma que en el centro se tenga un círculo con el color que se quiere producir; en la parte externa del disco asignamos áreas de los colores que queremos combinar. Si queremos obtener un gris a partir de la mezcla de los tres colores primarios, el disco debe hacerse de esta manera: en el interior del disco hay un círculo con una parte negra y otra blanca; en la región externa del disco asignamos una parte verde, otra roja y otra azul. Las cantidades de cada color pueden ser modificadas (esto es, el área que ocupan en el disco puede aumentar o disminuir). Segundo, el experimentador pone a girar el disco rápidamente de tal forma que el observador no vea un disco con parches de colores sino que vea, tanto en el interior como en la parte exterior, colores homogéneos. Tercero, el experimentador le pregunta al observador si logra distinguir entre el color del interior del disco (que ofrece sólo distintas tonalidades de gris) y el color del exterior (que puede a veces tender al verde, a veces al rojo y a veces al azul). Si el observador todavía distingue entre ambas áreas del disco, el experimentador tiene que ir modificando las cantidades de colores hasta que el sujeto ya sea incapaz de distinguir entre los dos colores y contemple al disco como si fuese todo de un solo color (a saber, alguna tonalidad de gris).

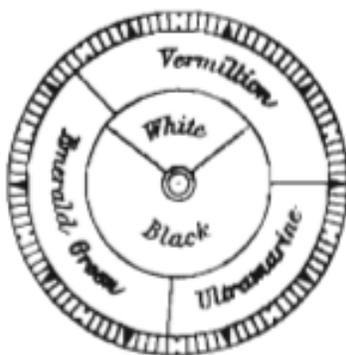


Figura 5. Discos del experimento de Maxwell¹⁴

A través de este experimento, es posible obtener ecuaciones como la siguiente

$$'37 R + '27 U + '36 V = 28 B + 72 N$$

¹³ El experimento con discos de colores, en comparación a los experimentos con luces, tiene varias desventajas, entre ellas, los fenómenos de absorción. Maxwell era consciente de estas dificultades, y desarrolló técnicas profundas para poder descontar los efectos producidos por absorción.

¹⁴ Tomado de Maxwell (1855), p. 299.

En esta ecuación, se establece que 37% de rojo, 27 % de ultramarina (azul) y 36% de verde producen un gris compuesto por 28% de blanco y 72% de negro. El experimento se puede realizar luego con distintos colores en el interior del disco (como, por ejemplo, un naranja) y con los tres colores primarios en el exterior del disco y hacer la pregunta de cuánto se necesita de verde, de rojo y de azul para que cuando el disco comience a girar rápidamente el observador sea incapaz de distinguir entre el naranja exterior y el naranja interior. Con la información recolectada, el experimentador debe ir construyendo un espacio siguiendo este procedimiento.

Ahora bien, debido a que es posible construir un espacio de color con todos los colores observables a partir de tres colores primarios, Helmholtz, siguiendo la propuesta de Thomas Young (1802), se aventura a sugerir una hipótesis fisiológica sobre la visión del color: podemos suponer que en la retina contamos con tres tipos de fibras, cada una sensible a cierto rango de longitudes de onda y con “picos” de sensibilidad: unas principalmente sensibles a las longitudes de onda correspondientes al rojo, otras a las correspondientes al verde y otras a las correspondientes al violeta (Cf., Helmholtz, 1860/1962 v. 2, 143-144). “Cuando hablamos de reducir los colores a tres colores fundamentales, esto debe entenderse en un sentido subjetivo y como siendo un intento de rastrear las sensaciones de color a tres sensaciones fundamentales.” (Helmholtz, 1962, v. 2, 143). Supongamos que los colores prismáticos son representados en una línea horizontal tal y como aparecen en el espectro (Figura 6): la curva 1 representa el grado de excitación de las fibras sensibles al rojo, la curva 2 indica el grado de excitación de las fibras sensibles al verde y, finalmente, la curva 3 muestra el grado de excitación para las fibras sensibles al violeta. Las curvas exhibidas fueron formuladas por Helmholtz a manera de hipótesis; luego éstas se pueden determinar empíricamente gracias a los experimentos como los de Maxwell: por ejemplo, el color ubicado en *O* se obtiene con la cantidad de rojo indicada en la curva 1, la cantidad de verde indicada en la curva 2, y la cantidad de azul ubicada en la curva 3. En ese orden de ideas, a la hora de estar observando ese color naranja, se excitan principalmente las fibras sensibles al rojo, en menor medida las fibras sensibles al verde y, finalmente, muy poco las fibras sensibles al azul.

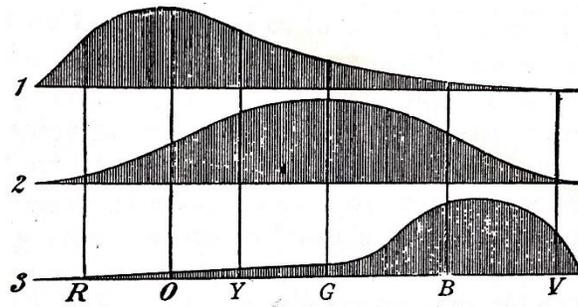


Figura 6. Grados de excitación de los tres tipos de fibras en la retina¹⁵

A partir de esta hipótesis, Helmholtz logra explicar la cantidad de colores observables: todos se obtienen a partir de la combinación de las sensaciones producidas en los distintos tipos de fibras:

La luz *roja* pura estimula las fibras sensibles al rojo fuertemente y las otras dos fibras débilmente, dando así la sensación de rojo.

La luz *amarilla* pura estimula las fibras sensibles al rojo y las fibras sensibles al verde moderadamente y las fibras sensibles al violeta débilmente, dando así la sensación de amarillo.

La luz *verde* pura las fibras sensibles al verde fuertemente, y las otras dos clases de fibras débilmente, dando así la sensación de verde.

La luz *azul* pura estimula las fibras sensibles al verde y al violeta moderadamente y las fibras sensibles al rojo débilmente, dando así la sensación de azul.

La luz *violeta* pura estimula las fibras sensibles al violeta fuertemente y las otras dos clases de fibras moderadamente, dando así la sensación de violeta.

Cuando todas las fibras son estimuladas igualmente, la sensación es *blanca* o matices pálidos. (Helmholtz, 1860/1962, v. 2, 142)

En síntesis, si analizamos la metodología seguida por Helmholtz para formular su teoría, podemos identificar los siguientes pasos. En primer lugar, Helmholtz parte de un modelo matemático ideado por Newton; dicho modelo le indica cómo organizar el fenómeno a estudiar y las variables a tener en cuenta. En segundo lugar, Helmholtz plantea situaciones experimentales (y cita particularmente los experimentos de Maxwell) para poder representar gráficamente en un mapa cada color observable a partir de tres colores primarios. Finalmente, dado que con el instrumento fue posible construir empíricamente una cartografía de todos los colores observables a partir de tres colores fundamentales, esto abre el camino para poder postular en la retina *tres* tipos de receptores o fibras correspondientes a cada color fundamental. Como se puede ver, Helmholtz sigue dos estilos: (i) un estilo *analógico* donde

¹⁵ Tomado de Helmholtz (1860/1962, v. 2), p. 143

se establece un modelo que organiza el fenómeno con un número determinado de variables (en este caso, tres colores); y (ii) un estilo experimental donde se controlan las variables indicadas por el modelo para poder producir cada color observable. Sumado a esto, el autor se limita a postular mecanismos que vayan acordes a las teorías físicas y químicas. En efecto, las tres fibras que el autor postula no tienen un poder o proceso particular; sencillamente son estimuladas en distintos grados por una causa externa (i.e., determinadas longitudes de onda de un rayo de luz particular). En ese orden de ideas, las propuestas de Helmholtz en un principio siguen siendo acordes a lo que se conoce sobre el funcionamiento de células nerviosas y a las teorías físicas y químicas del momento.

Ewald Hering

Al igual que Helmholtz, Hering construye una cartografía de colores y formula una hipótesis fisiológica para explicar la visión del color teniendo en cuenta las variables identificadas en esa carta. Sin embargo, Hering se distancia de Helmholtz en aspectos cruciales. Por un lado, el autor no parte de un instrumento o modelo para poder organizar el fenómeno; más bien, el fenómeno mismo es el que da la pauta de cómo debe ser organizado y qué variables son las fundamentales. Por otro lado, la naturaleza física de la luz que estimula al órgano receptor y que genera la sensación de color es completamente puesta entre paréntesis; lo importante es entender qué tipo de procesos están sucediendo en nuestro órgano receptor que pudiesen explicar la manera como se nos presentan los colores y la forma como estos se relacionan entre sí. Según Hering, Helmholtz, al concentrarse en la luz de la misma forma como otros se centraron en mezclas de pigmentos, se limita a estudiar una causa externa cuando en realidad el objeto de estudio es otro, a saber, los procesos fisiológicos en el ojo que producen la contemplación de un color en la conciencia: “uno no debería permitir que los medios y los métodos con los que un color es producido influyan en los juicios sobre el color como tal.” (Hering, 1872/1964, 49).

Para Hering, entonces, el fisiólogo debe comenzar su investigación partiendo del color como *cualidad visual*, esto es, como fenómeno psicológico. Así pues, incluso si conocemos aspectos físicos sobre la naturaleza de la luz, el autor exige ignorar esto mientras adelantamos la investigación (Cf., Hering, 1872/1964, 21). Lo que debe investigar a profundidad el fisiólogo son las variables fenomenológicas de la percepción del color y, a partir de ahí, inferir el posible correlato fisiológico que debe haber para que dicha percepción sea posible.

Lo que deseamos es clasificar la gran multiplicidad de colores para obtener una perspectiva sistemática de ellos y designaciones para ellos de tal forma que al lector se

le ofrezca una expresión comprensible y lo más precisa posible para cada color, y así él pueda reproducir *mentalmente* cualquier color con exactitud. Para hacer esto debemos ignorar por completo las causas y las condiciones de su excitación. Para un agrupamiento sistemático de colores *lo único que necesitamos es el color mismo*. (Hering, 1872/1964, 24; énfasis propio)¹⁶

Hering puede seguir este orden en su investigación como fisiólogo debido al siguiente principio heurístico: el fenómeno de la conciencia puede llegar a ser considerado como un espejo del mecanismo fisiológico de nuestros órganos sensoriales; por lo tanto, la tarea es hacer una psicología fisiológica o, mejor, una fisiología de la conciencia. En palabras del autor, “el fenómeno de la conciencia es una función de cambios materiales de la substancia organizada, y viceversa. Ayudada por esta hipótesis, la fisiología moderna puede traer el fenómeno de la conciencia al dominio de su investigación sin abandonar la tierra firme del método científico.” (Hering, 1897, 6).

Con este punto de partida, Hering se propone a identificar las variables fenomenológicas con las cuales podemos dar cuenta del color y construir un espacio. En ese orden de ideas, lo primero que establece Hering es que los colores pueden ser divididos entre colores cromáticos (los colores del espectro) y colores acromáticos (negro, blanco y la escala de grises). Los colores acromáticos pueden describirse a partir de dos variables opuestas, i.e. blanco y negro. Cualquier color que se encuentre en el intermedio puede descomponerse en tanta cantidad de blanco y tanta de negro. Así las cosas, estos colores pueden representarse en una serie cuyos extremos son el blanco y el negro; la ubicación de todos los grises intermedios puede determinarse si se especifica la cantidad de negro y la cantidad de blanco que tiene cada uno. (Figura 7)

¹⁶ Analizando este punto de partida, es importante tener en cuenta las posibles conexiones con los trabajos de Goethe. Goethe tuvo un fuerte impacto sobre Müller y sus trabajos en torno a la percepción. Hering, siguiendo los pasos de Müller y también la formación de la época, pudo haber estado más cercano a los métodos esbozados por el poeta que el mismo Helmholtz. En sus estudios sobre el color, Goethe, lanzándose contra Newton, hace la demanda de realizar la observación de una forma diferente: en vez de armar castillos en el aire y alejados de aquello que se pretende estudiar, y en vez de armar sistemas para luego aprehender el mundo, una conversación entre el fenómeno a observar y el observador debería ser la guía para identificar las estructuras profundas de la naturaleza. Aquello que da la pauta, las variables del análisis y las descripciones válidas, son “el fenómeno mismo”. El investigador debe hacer observación cuidadosa para identificar a la base lo que Goethe llama “protofenómeno”.

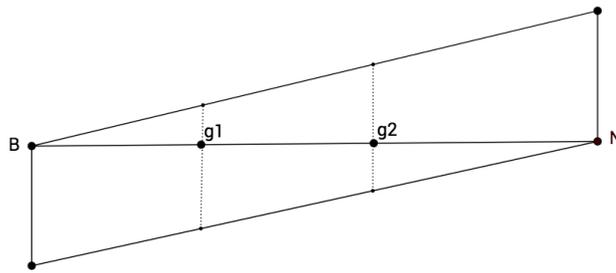


Figura 7. Serie de colores acromáticos¹⁷

Los colores cromáticos, según Hering, pueden describirse a partir de mínimo cuatro variables: rojo, verde, amarillo y azul. Para defender la prioridad de estos cuatro colores, Hering da el siguiente argumento. Imaginemos que los colores cromáticos son representados en un círculo cerrado de tal forma que haya la menor diferencia posible entre colores adyacentes. Si comenzamos a observar el círculo partiendo del rojo, podemos observar que el rojo poco a poco va adquiriendo algo de amarillo hasta que, finalmente, nos encontramos con un amarillo que parece no tener rastros de rojo o, mejor dicho, con un amarillo puro. Si continuamos observando los colores del círculo, vamos observando amarillos con alguna cantidad de verde hasta que nos encontramos con un verde puro completamente libre de rastros de amarillo. Al continuar, vemos que el verde va adquiriendo algunos visos de azul y desemboca finalmente en un azul sin ninguna huella de verde. Finalmente, este azul va adquiriendo algunos trazos de rojo, pasa por el morado y finalmente llega a un rojo puro, donde no es posible identificar visos de azul. Con esta observación, para Hering es evidente que podemos describir todos los colores cromáticos a partir del rojo, verde, amarillo y el azul. Sumado a esto, Hering da otra razón para ver estos colores como primarios. Según él, si partimos el círculo de colores cromáticos a la mitad pasando por dos colores primarios como, por ejemplo, el amarillo y el azul, podemos identificar una mitad como una serie de colores que comparten el rojo y la otra como una serie de colores verdosos. Lo mismo sucede si dividimos el círculo pasando por el rojo y el verde. Esto, para Hering, no sucedería si partiéramos el círculo pasando por otros colores distintos de los primarios (Cf., Hering, 1872/1964, 42-43). (Figura 8).

¹⁷ Tomado de Hering (1872/1964), p. 35

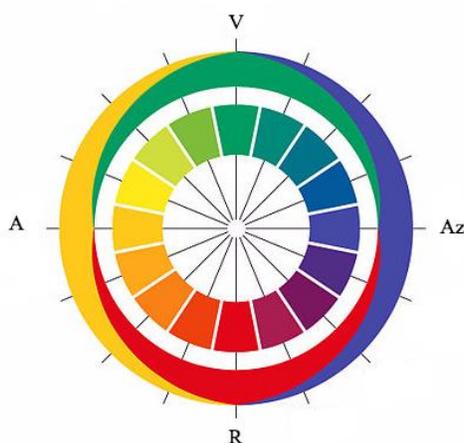


Figura 8. Círculo de colores cromáticos.¹⁸

Adicionalmente, Hering sostiene que los colores se organizan en pares de opuestos: verde-rojo y amarillo-azul. Según el autor, no es posible partir el círculo a la mitad y explicar las series de colores de cada hemisferio a partir de los dos colores extremos, pues estos colores intermedios sólo compartirían *una* propiedad cromática. Por ejemplo, si cortamos el círculo pasando por el azul y el amarillo, toda la serie de colores del amarillo al azul compartirían únicamente *una* propiedad cromática, i.e. el verde o el rojo, pero no compartirían tanto al azul como el amarillo. Lo mismo sucedería si cortamos al círculo pasando por el rojo y el verde. Por lo tanto, no es posible describir un color como azul amarilloso o como rojo verdoso. El círculo entonces lo podemos concebir como dividido en cuadrantes, cada cuadrante es una serie de colores cromáticos que puede ser descrita con dos variables (las series de los colores rojos amarillos, los colores amarillos verdes, los colores verdes azules y los colores azules rojos). Finalmente, es posible identificar colores cromáticos *velados*, esto es, colores que pueden estar mezclados con blanco, negro o con algún gris intermedio entre estos. Estos colores velados pueden ser representados como un triángulo donde uno de los vértices es el color cromático (e.g. rojo) y los otros dos vértices son el blanco y el negro. (Figura 9). Si juntamos estas distintas representaciones (el círculo de color, la serie de colores acromáticos y el triángulo de colores velados), podemos obtener un espacio de color como el representado en la figura 10.

¹⁸ Tomada de Hering (1872/1964), p. 49

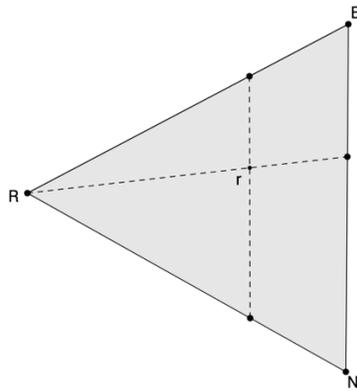


Figura 9. Triángulo de colores velados¹⁹

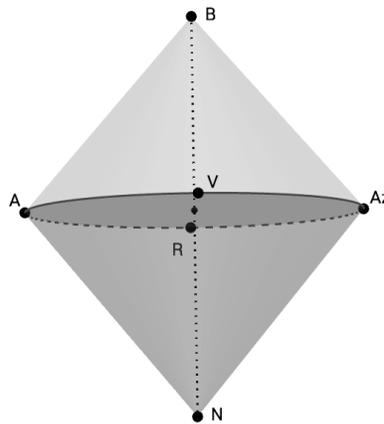


Figura 10. Espacio de color

Como se puede ver, Hering construye una gramática en la cual da cuenta de cómo se relacionan y se organizan los colores a partir de seis variables que, según él, son puramente fenomenológicas. A partir de los seis colores negro, blanco, rojo, verde, amarillo y azul, es posible describir todos los colores que observamos; en ese orden de ideas, si le dijésemos a alguien que se imagine un color verde amarillento velado por blanco, la persona podría concebirlo. Adicionalmente, la cartografía sugerida por Hering no da lugar a descripciones tales como “rojo verdoso” o “azul amarillento”, pues precisamente estos colores no serían concebibles o imaginables para nadie. Por esta razón, las seis variables se organizan en tres pares de opuestos: negro-blanco, rojo-verde y amarillo-azul.

Con esta construcción en mente, Hering luego acoge el principio heurístico ya citado y formula su hipótesis fisiológica: si fenomenológicamente identificamos estas seis variables

¹⁹ Tomada de Hering (1872/1964), p. 51

y, además, vemos que éstas están organizadas en pares de opuestos, entonces nuestro aparato receptor debe contar con tres mecanismos, cada uno correspondiente a una relación de oposición. Cada mecanismo consiste en procesos de *asimilación* y *des-asimilación*, los cuales son controlados por procesos de *auto-regulación* y de *interacción recíproca* de la retina de nuestro aparato receptor frente a los diversos estímulos del mundo exterior (Cf., Hering, 1872/1964, 107-113, 173). Los colores corresponden a las *proporciones* o *razones* entre estos procesos antagonistas que se dan en nuestro aparato visual. Hering ve estos mecanismos como presentes y constituyentes de cualquier forma de vida. Según él, en todo fenómeno vital se presentan casos donde los organismos aprehenden algo y lo hacen parte de sí mismos y, adicionalmente, fenómenos donde los organismos desechan o se separan de ciertos materiales que consideran como ajenos.²⁰ Los dos procesos de asimilación y des-asimilación son inseparables, y ellos “constituyen los procesos metabólicos esencialmente desconocidos de la sustancia vital y ocurren simultáneamente en todas sus partes más diminutas. Por lo tanto, esta sustancia no representa algo fijo y pasivo sino algo que está siempre internamente más o menos en movimiento o auto-activándose.” (Hering, 1888, 35). Para el autor,

si asumimos que esta misma actividad metabólica en la sustancia visual es el correlato somático [o fisiológico] de los colores del campo visual, surge la posibilidad de ensamblar toda una cantidad de hechos que han sido hasta ahora recogidos, sin ninguna integración, bajo un punto de vista unitario y comprensivo. (Hering, 1964, 107)

En el caso de los colores acromáticos, los procesos de asimilación y des-asimilación y los fenómenos de regulación y de interacción recíproca entre las diversas partes de la retina funcionan de la siguiente manera. Si, por ejemplo, el espectador es sometido a un estímulo del tipo *D* [*D-estímulo*], verá un color acromático cercano al blanco. Dado que todas las sustancias vivas tienen la capacidad de regresar a un estado previo al estímulo por su capacidad de auto-regularse y buscar equilibrio, mientras más grande sea el estímulo recibido, mayor será la disposición del organismo para llevar a cabo el proceso contrario. En

²⁰ La propuesta de Hering tiene muchos aires de familia con la teoría de Goethe que valen la pena resaltar. En su teoría de los colores, Goethe, al abordar el tema de los colores fisiológicos, afirma lo siguiente respecto al comportamiento de la retina: “La retina, después de haber sido afectada por la luz o la oscuridad, se encuentra en dos estados diferentes, los cuales son completamente opuestos entre ellos.” (Goethe, 1818/2006, §5). En otros párrafos más adelante, el autor dice lo siguiente después de sus observaciones: “Creemos que esto es prueba de la gran excitabilidad de la retina, y de la resistencia silenciosa que todo principio vital está obligado a exhibir cuando algún estado particular o inmutable se le presenta. Así, inspiración ya presupone la espiración; así, cada sístole es una diástole. Es la fórmula universal de la vida que se manifiesta a sí misma acá como todos los otros casos. Cuando la oscuridad se le presenta al ojo, éste demanda luz y viceversa: esto muestra su energía vital, su adecuación a recibir las impresiones del objeto, precisamente al tender espontáneamente a un estado opuesto.” (§38).

ese orden de ideas, si se quita el *D-estímulo*, el observador tendrá una mayor *disposición* para la *asimilación*; en otras palabras, se aumenta su *A-disposición* o, mejor, se aumenta la *A-excitabilidad*. Ahora bien, un estímulo *D* no sólo afecta la disposición o la excitabilidad del área que está afectando. Según el autor, si cierta parte de la retina es estimulada de tal forma que la asimilación sea mayor que la desasimilación, i.e. $A > D$, (o viceversa, $A < D$), esto induce en los alrededores de la parte estimulada un incremento en los procesos de desasimilación y una reducción en los procesos de asimilación (o viceversa); esto con el propósito de asegurar el equilibrio de todo el campo somático (Cf., Hering, 1872/1964, 173).

En el caso de los colores cromáticos, estos procesos de oposición (o de fuerzas opuestas), funcionarían de la siguiente forma. Hering asigna *valencias* a los distintos rayos de luz dependiendo, no de su longitud de onda sino, más bien, del tipo de sensación cromática que generan. En ese sentido, si una luz genera la contemplación de azul, dicha luz tiene una valencia azul y, adicionalmente, en nuestro aparato visual hay una *fuerza generadora de azul* (Cf., Hering, 1872/1964, 307). Con esta aclaración, imaginemos una situación experimental: si se somete a un observador a un estímulo de luz que genera la contemplación de amarillo (i.e. luz de valencia amarilla) y luego poco a poco este amarillo va perdiendo su “amarollisidad” hasta convertirse en blanco, “entonces podemos decir que la anterior luz productora-de-amarillo en la región iluminada del campo somático [fisiológico] *ha invocado una fuerza antagónica a la valencia amarilla de la luz, a través de la cual la fuerza productora-de-amarillo es cancelada o neutralizada.*” Si el observador luego comienza a ver este blanco cada vez más azul, podemos decir que “*la fuerza opuesta excitada en la región iluminada de la sustancia vital ahora ha ganado dominancia sobre la fuerza productora de amarillo de la luz, y que dicha fuerza es productora de azul.*” (Hering, 1872/964, 307).

Hering concibió experimentos para poder dar cuenta, primero, de estos procesos antagónicos correspondientes a los colores cromáticos y, segundo, de los procesos de autorregulación y de interacción entre las diversas regiones de la retina. En el primero, el autor no llevó a cabo los experimentos, aunque sí sugiere cómo poderlos realizar (como presentaré más adelante). En el segundo aspecto, el autor diseñó muchísimos montajes experimentales. En la figura 10 se exhibe uno de estos experimentos. En la situación representada en la izquierda, tenemos una fuente de luz *l* que ilumina una pared blanca al frente; tenemos otra fuente de luz *L* que es obstaculizada por una hoja negra. Adicionalmente, el punto negro es un objeto negro. El observador está ubicado al frente de dicha pared y observa esta pared como iluminada por una cantidad *l* de luz. En la situación de la derecha, se remueve la hoja negra que obstaculizaba el paso de la luz *L*, haciendo que en la pared haya unas regiones más iluminadas ($l+L$) y que se mantenga un sector iluminado únicamente por *l*. Lo interesante del

experimento es que el observador reporta lo que ve no como un aumento de luz en las otras regiones sino, más bien, como si ese sector se hubiese oscurecido mucho más.

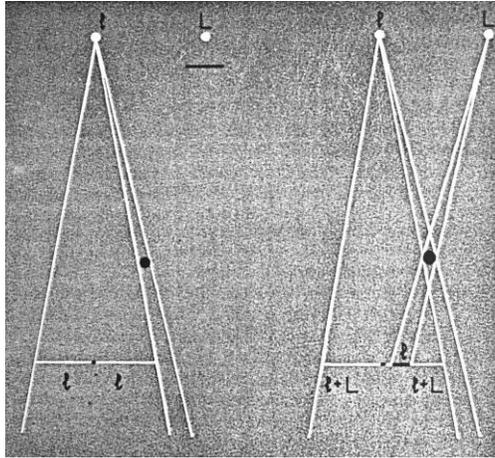


Figura 11. Experimento para dar cuenta de la interacción recíproca de la retina²¹

Como ya mencioné, los experimentos para los procesos de oposición de colores cromáticos no fueron realizados por Hering. No obstante, los trabajos de Hurvich y Jameson (1955) a mediados del siglo XX sí muestran de manera precisa cómo se pueden realizar y citan a Hering al presentar el diseño: “el abordaje experimental permitiendo la diferenciación de las diversas respuestas cromáticas está *per se* implícito en la teoría de colores opuestos de Hering.” (Hurvich & Jamseon, 1955, 547). En la figura 12 se exhibe el instrumento ideado por estos dos autores.

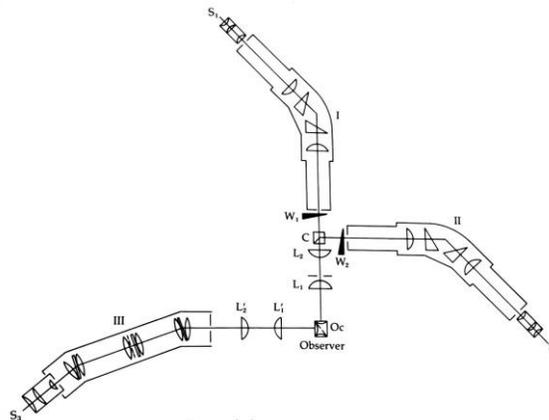


Figura 12. Instrumento óptico para realizar el experimento de Hurvich & Jameson²²

²¹ Tomado de Hering (1872/1964), p.220

²² Tomado de Hurvich & Jameson (1955), p. 548

En un principio, el observador es estimulado con luz productora de un color cualquiera, digamos, un naranja. El objetivo es identificar cuánta cantidad de rojo tiene este naranja y, para ello, se somete al observador a un estímulo de una luz generadora del color opuesto al rojo, i.e. verde. Ahora, dado que el observador no podría ver un naranja verdoso, lo que éste contempla es que el naranja poco a poco va perdiendo su “rojidad”. En el momento en el que el observador deje de ver algo de rojo en el color y vea un amarillo blancuzco sin aún observar algo de verde, se puede determinar que la cantidad de verde utilizado para anular el rojo indica la cantidad de rojo que estaba en el naranja inicial. Este proceso se hace con cada color del espectro y, finalmente, se obtiene una gráfica como la siguiente (Figura 13):

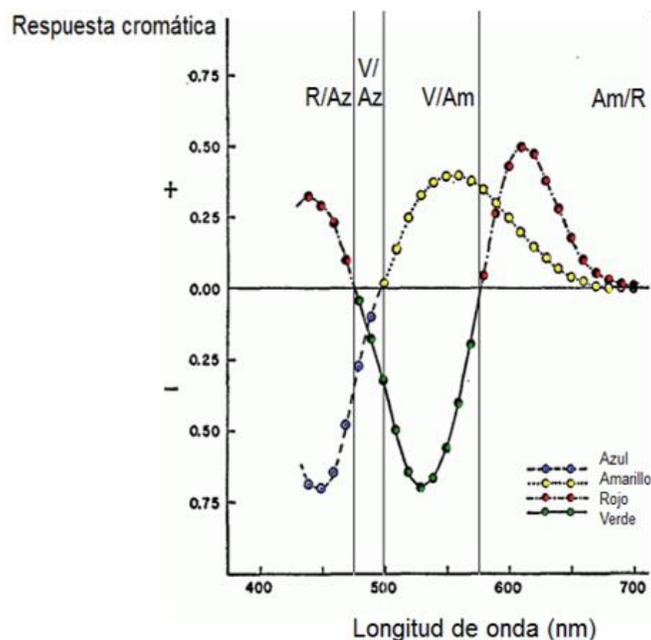


Figura 13

En ese sentido, incluso si Hering no llevó a cabo los experimentos citados, sí los concibió y, por otro lado, realizó otros experimentos para dar cuenta de los otros procesos postulados.

En síntesis, si analizamos la metodología de Hering, podemos ver que se sigue un estilo *experimental* y que, a diferencia de Helmholtz, el autor no parte de un modelo previo dominado por variables que impone la física para organizar el fenómeno. Es el color mismo el que indica cómo éste debe ser organizado y cuáles son sus variables fundamentales; luego se formula una hipótesis fisiológica. En otras palabras, la cartografía de colores no es impuesta por el investigador; es el color mismo el que la impone. Luego esto dicta la pauta, teniendo en cuenta el principio heurístico de Hering, de qué tipo de mecanismos fisiológicos son los que están sucediendo en nuestro aparato receptor. El comportamiento de estos

procesos puede incluso ser extraño o incompatible con lo que hasta ahora conocemos de los fenómenos físicos o químicos. Finalmente, Hering concibe montajes experimentales para dar cuenta de cómo se dan los procesos de oposición y para dar evidencia empírica a favor de su hipótesis.

V. Conclusión: fuente de las diferencias estilísticas

Hasta ahora he reconstruido las teorías de los autores y la manera como llevaron a cabo su investigación. He mostrado que los dos hacen parte de un estilo experimental, pero que Helmholtz adicionalmente hace uso de un estilo analógico: es un modelo matemático el que le indica cuál es la manera de acercarse al fenómeno, las variables a controlar experimentalmente y, sumado a esto, cuáles podrían ser los correlatos fisiológicos. Esto no sucede, como acabamos de ver, en la metodología de Hering. Ahora bien, uno podría pensar que estas diferencias estilísticas fueron fortuitas. De pronto, sencillamente, los autores decidieron llevar a cabo su investigación de distintas formas. No obstante, las diferencias de estilos de razonamiento podrían emerger de diferencias en las presuposiciones que los dos científicos adoptaron antes de comenzar su investigación. Como lo anuncié en la segunda sección, creo que la polémica emerge debido a presuposiciones sobre la naturaleza del fenómeno que ambos quieren estudiar. Estas presuposiciones fueron las que determinaron, precisamente, *qué tipo de preguntas eran las que se podían hacer, qué respuestas se podían dar y qué maneras de llegar a esas respuestas eran legítimas.*

Tanto Hering como Helmholtz, siguiendo a Müller, se alejaron de la medicina romántica y adoptaron una fisiología experimental, pero no acogieron los mismos criterios y presupuestos para poder hacer una ciencia de la vida. Uno acogió los criterios y presupuestos de la física y la química. El otro, a pesar de recibir con gusto la rigurosidad experimental, defendía la autonomía de la vida como fenómeno particular que exigía un acercamiento completamente diferente. ¿Qué presuposiciones había a la base de estas diferencias? Para poder sacar esto a la luz, me gustaría remitirme a un pasaje en el que Helmholtz evalúa las discusiones entre Goethe y Newton sobre el color:

Por un lado, está un grupo de físicos que, a través de una serie de juiciosas investigaciones, de los cálculos más elaborados y de las invenciones más ingeniosas, han llevado a la óptica a tal grado de perfección que ella, y ella sola, entre las ciencias físicas, ha llegado a competir con la astronomía en términos de precisión [...]. Todos estos científicos han tenido la oportunidad de someter las inferencias deducidas de las posturas de Newton al examen del experimento, y todos, sin excepción, han estado de acuerdo en aceptarlas. Por otro lado, hay un hombre [Goethe] del cual hemos tenido la oportunidad

de conocer sus admirables capacidades mentales y su talento no sólo en poesía, sino también en las partes descriptivas de las ciencias naturales; y este hombre nos asegura con el entusiasmo más fuerte que los físicos están equivocados. Él está tan convencido de la corrección de su teoría que él no nos puede explicar la contradicción que identifica en las teorías físicas excepto asumiendo malicia o ineptitud por parte de los físicos, y finalmente declara que él no puede evitar mirar a sus propios logros en la teoría del color como lo más valioso que ha logrado, incluso más que en poesía. *Esto nos lleva a sospechar que debe haber un antagonismo de principio más profundo detrás, una diferencia en la organización de su mente y la de ellos, lo cual no les permite entenderse.* (Helmholtz, 1853/1995, 8. Énfasis propio)

Es interesante ver a Helmholtz caracterizar esta discusión como emergiendo a partir de un antagonismo de principios. Es iluminador, también, ver la manera como él describe los acercamientos de un físico newtoniano y de un científico romántico a su objeto de estudio. A mi modo de ver, algo similar ocurre en la controversia que estamos estudiando. Al hablar sobre Goethe y su metodología, dice Helmholtz:

Goethe es, por excelencia, un poeta. En poesía, como en cualquier otro tipo de arte, lo esencial es hacer del material del arte, sea palabras, música o color, el vehículo directo de una idea. En una obra de arte perfecta, la idea debe estar presente y dominar el todo, no como resultado de un largo proceso intelectual, sino como inspirada a través de una intuición directa del ojo interno. [...] En vez de organizar los fenómenos de la naturaleza bajo unas concepciones definidas e independientes de la intuición, él se sienta a contemplarlos como si fuesen una obra de arte completa en sí misma, la cual puede, tarde o temprano, comunicar con certeza su idea central a un estudiante lo suficientemente susceptible. (Helmholtz, 1853/1995, p. 8-9)

En cambio, el científico que parte de la perspectiva newtoniana ve su fenómeno de estudio y sus herramientas de la siguiente manera:

Un fenómeno natural no puede ser considerado en las ciencias físicas como completamente explicado hasta que no hayamos rastreado las fuerzas últimas que están relacionadas con su producción. Ahora, dado que nunca podemos conocer dichas fuerzas como fuerzas sino sólo por sus efectos, estamos obligados, en toda explicación de un fenómeno natural, a abandonar la esfera de los sentidos y a pasar a cosas que no son ellas mismas objeto de nuestros sentidos y que sólo son definidas por concepciones abstractas. [...] Pero este paso a la región de concepciones abstractas, que necesariamente debemos tomar si queremos penetrar a las causas del fenómeno, espanta al poeta. [Para el científico natural] las impresiones de los sentidos no son una autoridad absoluta; él examina qué podemos tomar como confiable de estas impresiones; él pregunta si las

cosas que ellos muestran como similares son realmente similares, y si las cosas que ellos muestran como diferentes son realmente diferentes; y muchas veces encuentra que la respuesta debe ser “¡No!”. (Helmholtz, 1853/1995, p. 12-13)

Considero que una diferencia de esta naturaleza subyace en la discusión entre Helmholtz y Hering: ¿cómo debe ser estudiado el fenómeno, qué cosas podemos decir de dicho fenómeno y cómo justificamos eso que decimos? Por un lado, existe un punto grande de desacuerdo en la manera de concebir el papel del experimento y, adicionalmente, de dónde se debe partir para hacer observación o experimentación. Por otro lado, esta diferencia está fuertemente atada a *qué es lo que es legítimo decir acerca de los fenómenos vitales*. En otras palabras, veo en estos autores una diferencia de estilo de razonamiento que emerge de presuposiciones sobre la naturaleza de todo fenómeno vital. Son precisamente estas presuposiciones las que determinan qué descripciones y preguntas se pueden hacer en la investigación.

Como ya se expuso, Hering y Helmholtz hicieron parte de una generación de fisiólogos que tomaron las riendas de una transformación en su campo. Sin embargo, Hering consideraba que los estudios sobre fisiología de la percepción y, en este caso, fisiología sobre la visión del color, debían comenzar poniendo el conocimiento del mundo entre paréntesis. En otras palabras, Hering esperaba que el fenómeno, como lo exige un acercamiento cuidadoso, le diera la pauta para poder organizarlo. Todo conocimiento en física o en química, a la hora de hacer el ejercicio de observación, debía ser ignorado; el color, como cualidad visual, debía indicar las variables de análisis y su manera de organización. Esta organización interna del fenómeno determina qué cosas deben darse en el ámbito de lo fisiológico; y si dicho fenómeno nos sugiere algún mecanismo que aún no sabemos cómo explicar, esto no debería disuadirnos de postularlo. Hering mismo nos hace dicha sugerencia cuando habla de la hipótesis de la interacción recíproca de regiones en la retina: “Para comenzar [...], no es un asunto acerca de explicar las interacciones recíprocas ellas mismas, sino más bien de explicar los hechos *bajo* la suposición de dichas interacciones recíprocas.” (Hering, 1872/1964, 176)

En el caso de Helmholtz, el punto de partida eran las herramientas ya ideadas por los físicos y los químicos. Si nos remitimos al pasaje extenso que acabamos de citar, podemos entrever grandes diferencias con su rival: dado que la observación por sí sola no puede dar las causas o las explicaciones que busca un científico, es necesario acudir a teorías y a los instrumentos ideados previamente para organizar los fenómenos que se pretenden estudiar. Con el círculo de color de Newton (obviamente con modificaciones) se formulan las hipótesis y se conciben experimentos para construir un espacio. Luego, con esto a la mano, se postula un mecanismo fisiológico que siga estando acorde con aquello que dicta la física o la química:

hay tres receptores que son activados (probablemente es una activación eléctrica) al ser afectados por rayos de luz con una longitud de onda particular. Lo que va más allá, y que parece ser de carácter psicológico, debe estudiarse como un fenómeno que ya se sale del ámbito de lo físico y que se debe a cuestiones como la experiencia y el aprendizaje del sujeto. Como científicos, sobre cualquier cosa, debemos buscar que la mayor cantidad de fenómenos puedan ser explicados con teorías que sean consistentes con las leyes de la física. En otras palabras, como científicos debemos tener en el horizonte el objetivo de una ciencia unificada:

Cada hecho individual, tomado en sí mismo, puede en efecto animar nuestra curiosidad o nuestra sorpresa, o puede ser útil para nosotros en sus aplicaciones prácticas. Pero *la satisfacción intelectual la obtenemos únicamente a partir de la conexión con el todo, sólo a partir de su conformidad con la ley.* [...] Hay también, podría casi decir, una satisfacción artística, cuando somos capaces de observar la enorme riqueza de la naturaleza como un todo regularmente organizado [...]. (Helmholtz, 1862/1995, 97. Énfasis propio)

Si en efecto las diferencias son profundas, entonces podríamos comenzar a entrever por qué tuvieron tanta dificultad a la hora de ponerse de acuerdo: de pronto ninguno de los dos lograba considerar las explicaciones y los argumentos del otro como totalmente legítimos. Helmholtz veía a Hering como postulando mecanismos innecesarios que no explicaban nada y que, incluso, ellos mismos demandaban de una explicación. Hering veía a Helmholtz como acudiendo a un *deus ex machina*, i.e., la conciencia, cuando el modelo de la física no podía ir más allá. Helmholtz, hablando de la forma de proceder de su rival, dice lo siguiente:

En mi opinión, muchos filósofos naturales han estado demasiado dispuestos a presuponer todo tipo de estructuras anatómicas en la teoría de la percepción visual y además a postular nuevas cualidades a la sustancia nerviosa que son contrarias a lo que actualmente sabemos de las propiedades químicas y físicas de los cuerpos en general y de los nervios en particular. (Helmholtz, 1962, vol. 3, 531)

Introducir estas hipótesis anatómicas no tenían siquiera un sustento experimental. Era, hasta cierto punto, adscribir propiedades tomadas de fenómenos psíquicos al cuerpo que es, y se debería comportar, como un objeto físico. En ese orden de ideas, para Helmholtz, *lo más importante era siempre buscar, en sus teorías, conformidad con las leyes y los principios que nos ha dado la física y la química*: “Los fisiólogos, entonces, deben esperar encontrarse con una conformidad incondicional a las leyes de las fuerzas de la naturaleza en sus

investigaciones concernientes a los procesos vitales; deben dedicarse a la investigación de procesos físicos y químicos que se dan en el organismo.” (Helmholtz, 1869/1995, 217).

Por otro lado, Hering, hablando de los enigmas que han surgido a partir del abordaje físico a los fenómenos vitales, dice lo siguiente:

La vida sigue el siendo el mismo acertijo sin resolver como lo era cuando la denominada concepción mecánica del fenómeno vital superó a la concepción vitalista [...]. En cualquier punto al cual ha penetrado la investigación física o química del organismo, siempre se ha encontrado, tarde o temprano, con la acción misteriosa de la substancia vital de aquellos organismos elementales que componen al cuerpo animal y humano. (Hering, 1900, 170)

Por esta razón, las categorías y los mecanismos que postulamos deben ser acordes a los comportamientos que observamos en el fenómeno que nos interesa. Así esto implique hablar de hipótesis o procesos que tienen aires de vitalismo, *la vida sigue siendo un fenómeno que exige categorías y formas de explicación propias*.

Hay muchos que de entrada rechazan mi esfuerzo para una teoría del sentido de la luz [i.e. visión del color] porque *tienen una opinión diferente acerca de la naturaleza de la vida, de los procesos físico-psíquicos y de la relación entre cuerpo y mente*; entonces ignoran el hecho de que el valor de una hipótesis depende de lo que ella logra, y no de las ideas que ella genere sobre los puntos de la verdadera esencia de los eventos subsumidos por esa hipótesis. (Hering, 1872/1964, 107-108)

Hacer la proyección de los modelos físicos a la fisiología y, más aún, en el aspecto que ahora nos ocupa, es no dejar “hablar” al objeto de estudio. “Él [el fisiólogo que adopta el punto de vista del físico] se ubica detrás del escenario y cuidadosamente observa el funcionamiento de la maquinaria y el movimiento de los actores, pero ignora el significado de la acción, la cual es entendida por el espectador. Ahora, ¿no puede un fisiólogo cambiar su punto de vista?” (Hering, 1900, 4). En vez de estar centrándonos en todas las causas que hay detrás de lo que nos interesa, podemos observar el fenómeno y encontrar un sentido; de pronto ahí está la pista de cómo es la naturaleza de aquello que queremos develar. Al analizar la metodología de Hering, es inevitable no pensar en Goethe y en su llamado a centrarse en el fenómeno mismo en vez de imponer categorías sobre dicho fenómeno.

Los críticos de Goethe (como Thomas Young, Helmholtz y Emil du Bois-Reymond) generalmente atribuyeron su fracaso en la ciencia del color al hecho de ser un poeta, o

al hecho de intentar hacer ciencia romántica. [...]. Goethe no sólo rechazó esta dicotomía entre poesía y ciencia; él también intentó mostrar que lo opuesto era cierto, que mientras más se divorciaba la ciencia de los contextos abarcadores de la vida humana y la naturaleza, más atrapada quedaba la imaginación científica en maneras particulares y abstractamente fantásticas de concebir las cosas [...]. Él veía tanto a la ciencia como a la poesía, cada una a su manera, como teniendo la intención última de ser fieles a la naturaleza, a sus actualidades y sus posibilidades. (Sepper, 1990, 197)

De forma cercana a Goethe, las reservas de Hering son, precisamente, que, al concentrarse en las categorías y conceptos para entender toda una maquinaria física y química, se nos escapa lo que queremos estudiar.

Podemos ver que cada uno de ellos, al partir de presuposiciones tan distintas sobre su objeto de estudio, admitía diferentes enunciados acerca de lo que les interesaba y, además, permitía o no permitía la postulación de ciertos correlatos fisiológicos en nuestro aparato receptor. Por ejemplo, para Hering concebir mecanismos de autorregulación no era problemático; más aún, estos mecanismos son la esencia de los fenómenos vitales. En el caso de Helmholtz, esto no podía contar como una explicación; el modelo y los instrumentos que él tenía a la mano no permitían estos enunciados. Ahora bien, Helmholtz, y muchos otros científicos dentro de la disciplina, tenían buenas razones para ir en contra de las explicaciones que parecían introducir fuerzas o procesos extraños que contradecían los conocimientos en física y química. Éstas parecían ser pseudo-explicaciones que podían llegar a oscurecer los fenómenos que precisamente querían ser desentrañados. Afirmaciones e hipótesis como las de Hering, desde el lugar de Helmholtz, parecían esconder visos de vitalismo y de especulación que debían ser eliminados a toda costa. Así las cosas, a la hora de explicar fenómenos de percepción, el organismo debía ser concebido como un cuerpo pasivo que contaba con la capacidad de ser afectado por ciertos estímulos para generar una sensación determinada.

En conclusión, en el texto he defendido que las diferencias de estilos de razonamiento entre los dos autores pueden ser rastreadas a presuposiciones sobre los fenómenos a estudiar, las cuales, a fin de cuentas, les dictaban qué preguntas podían formular y cómo podían responderlas. La presuposición de Hering que moldeó toda su forma de proceder era que la vida era un fenómeno que, dadas sus particularidades, exigía conceptos y métodos autónomos para poder ser estudiada. Adicionalmente, creía que la relación entre mente o cuerpo debía entenderse de esta manera: existe un paralelismo entre todo fenómeno psíquico y todo fenómeno físico y, por eso mismo, “el fenómeno de la conciencia es una función de cambios

materiales de la sustancia organizada, y viceversa.” (Hering, 1897, 5).²³ La presuposición de Helmholtz era, a fin de cuentas, la idea de que era posible hacer una ciencia unificada o una forma de explicación unificada para todo fenómeno en el reino físico, entre esos, los fenómenos vitales. La fisiología, y la fisiología de la percepción, debía intentar buscar cuáles eran los elementos físicos y químicos que se daban en el cuerpo (que hace parte del reino de lo físico) para poder explicar aspectos psicológicos. Todo lo que quedaba por fuera de este acercamiento podía luego ser sujeto a explicaciones a través leyes psicológicas (i.e. las inferencias inconscientes) sobre las cuales sí teníamos algún conocimiento, incluso a pesar de no contar con una explicación para ellas mismas:

No importa qué visión es tomada sobre las actividades psíquicas [idealismo o materialismo], y no importa qué tan difícil pueda ser considerado explicarlas, no hay duda de su existencia, y hasta cierto punto nosotros estamos familiarizados con sus leyes a partir de la experiencia cotidiana. Es más seguro, en mi opinión, conectar el fenómeno de la visión con otros procesos [psíquicos] que ciertamente están presentes y que son efectivos, a pesar de que ellos mismos requieran una explicación, en vez de intentar basar estos fenómenos en hipótesis perfectamente desconocidas como mecanismos del sistema nervioso y propiedades del sistema nervioso, las cuales han sido inventadas sólo con ese propósito y no tienen un análogo de ningún tipo. (Helmholtz, 1866/1962, 532)

Estas presuposiciones guiaron las preguntas y las explicaciones ofrecidas por cada uno de ellos y, muy probablemente, jugaron un papel crucial en las decisiones estilísticas. Por esta razón, probablemente los autores nunca pudieron encontrar un punto de resolución y pasaron sus carreras académicas discutiendo, no sólo alrededor del color, sino sobre muchos otros aspectos de nuestra percepción visual. Considero que ver la controversia en estos términos puede ser interesante y puede dar pistas para estudiar otros ámbitos de la discusión entre los dos.

La controversia en el siglo XX

²³ Ernst Mach, quien fue colega de Hering en la Universidad de Praga durante 25 años, tenía un presupuesto muy similar en sus investigaciones sobre las sensaciones. En palabras de él, “para todo detalle psíquicamente observable en *B* [una sensación] debemos buscar los detalles físicos correspondientes de *N* [un proceso nervioso]. Debemos entonces establecer un principio guía para nuestras investigaciones, que puede ser llamado el *principio de paralelismo completo entre lo psíquico y lo químico*. [...] Si la aparente multiplicidad ilimitada de sensaciones de color es susceptible de ser reducida, a través de un análisis psicológico (auto-observación), a seis elementos (sensaciones fundamentales), entonces una simplificación análoga puede ser esperada para el sistema de procesos nerviosos.” (Mach, 1897, 30-31).

¿Cómo continuó la controversia en el siglo XX? ¿Hubo un “ganador”, hubo algún consenso, o aún continúa? Durante casi toda la primera mitad del siglo, la comunidad científica acogió las tesis de Helmholtz, pero no necesariamente porque se hubiesen falseado las ideas de Hering. Durante mucho tiempo Hering continuó con la polémica a pesar de que ya la comunidad se estaba decantando por las posturas de Helmholtz; y después de la muerte de Hering en 1918 la urgencia de ofrecer una solución o cierre disminuyó, a pesar de que sus discípulos continuaron durante algunos años la discusión. En ese sentido, los dos autores no vieron un final a la polémica que fue transversal en todo su trabajo.

“El interés especial de la controversia Helmholtz-Hering yace en el hecho de que en este caso la negociación falló. Los problemas de la controversia no fueron ni resueltos ni fueron tratados exitosamente [...] Resolver la controversia o alcanzar algún compromiso dejó de ser una necesidad apremiante en estudios sobre la visión, incluso antes de que sus mayores participantes comenzaran a morir en la década de 1920.” (Turner, 1994, 278)

No hay una respuesta clara para entender por qué se desarrollaron así los eventos. La fuerza e influencia que Helmholtz tenía en el ámbito de la ciencia alemana era mucho mayor que la que Hering pudo haber llegado a tener (Cf., Hurvich 1969). Adicionalmente, Hering trabajó gran parte de su vida en Praga, y sólo hasta muy adelante en su carrera logró obtener un puesto en Leipzig en el cual pudiese estar más cerca del corazón de la producción y la discusión científica en Alemania. Este contexto pudo haber afectado la manera cómo se acogieron las propuestas de Hering. Sólo a mediados del siglo sus ideas volvieron a tomar relevancia. En los experimentos realizados en 1961 por DeValois y Jones, además de identificar procesos con patrones de activación principalmente del rojo, verde y el violeta como los que sugería Helmholtz, hubo también evidencia de procesos de oposición con un comportamiento parecido al que proponía Hering en capas más profundas de la retina.

Parece que la información de la visión del color está codificada de dos formas distintas en el sistema nervioso retiniano, una de una manera “Helmholtziana” en el sentido de caminos independientes para las distintas regiones espectrales, y la otra de una manera esencialmente “Heringniana” con relaciones de oposición entre regiones espectrales complementarias. (DeValois & Jones, 1961, p. 181)

Los estudios que ya citamos de Hurvich y Jameson (1955 y 1957) permitieron un control experimental y cuantitativo riguroso que Hering no había logrado ofrecer satisfactoriamente. Teniendo esto en cuenta, ¿estaríamos dispuestos a afirmar que hubo una conciliación o “empate” entre los dos científicos? Creo que no. A pesar de que en cierto

sentido se ha dado la razón a ambos autores, las tensiones entre las presuposiciones que finalmente desembocaron en diferentes estilos y teorías no son algo que puede ser resuelto a partir de información empírica. Las inconformidades y reservas que cada autor tenía acerca del trabajo de su rival eran sobre la naturaleza del objeto de estudio, sobre las preguntas que podían hacerse, sobre el tipo de descripciones y explicaciones que se podían ofrecer y, además, sobre las pretensiones que la ciencia debía tener. Esto, sin duda alguna, va mucho más allá de la evidencia.

Referencias

- Cranefield, Paul F. (1957). "The Organic Physics of 1847 and the Biophysics of Today". *Journal of the history of medicine and allied sciences*, Vol. 12, pp. 407-423.
- Crombie, Alistair C. (1994). *Styles of Scientific Thinking in the European Tradition: The History of Argument and Explanation specially in the Mathematical and Biomedical Sciences and Arts*. Londres: Gerald Duckworth & Company
- DeValois, R. L. & Jones, A. E. (1961). "Single-Cell Analysis of the Organization of the Primate Color-Vision System". *The Visual System: Neurophysiology and Psychophysics*. Berlín: Springer.
- Fechner, Gustav Theodore (1836/2005). *The little book of life and death*. New York: Weiser Books.
- Grassmann, Hermann. (1854). "On the Theory of Compound Colours". *Philosophical Magazine*, Series 4, 7:45, pp. 254-264.
- Goethe, Johann Wolfgang (1818/2006). *Theory of Colours*. New York: Dover Publications, Inc.
- Hacking, Ian (1982). "Language, truth and reason". *Rationality and relativism*. M. Hollis y S. Lukes (Eds.). Oxford: Blackwell.
- Hacking, Ian (1992). "Style for historians and philosophers". *Studies in History and Philosophy of Science*, Vol. 23, No. 1, pp. 1-20.
- Hacking, Ian (1992b). "Statistical Language, Statistical Truth, and Statistical Reason: The Self-Authentication of a Style of Scientific Reasoning". *The Social Dimensions of Science* (pp. 130-157). E. McMullin (Eds.). Notre Dame (Ind): University of Notre Dame Press
- Heidelberger, Michael (1993). *Nature from within: Gustav Fechner and his vision psychophysical worldview*. Pittsburg: University of Pittsburg Press.

- Helmholtz, Hermann von (1853/1995). "Goethe's Scientific Researches". *Science and Culture: Popular and Philosophical Essays*. Chicago: The University of Chicago Press
- Helmholtz, Hermann von (1868/1995). "The Recent Progress of the Theory of Vision". *Science and Culture: Popular and Philosophical Essays*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Helmholtz, Hermann von (1869/1995). "On the Aim and Progress of Physical Science". *Science and Culture: Popular and Philosophical Essays*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Helmholtz, Hermann von (1877/1995). "On Thought in Medicine". *Science and Culture: Popular and Philosophical Essays*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Helmholtz, Hermann von (1878/1995). "The Facts of Perception". *Science and Culture: Popular and Philosophical Essays*. New York: Dover Publications Inc.
- Helmholtz, Hermann von (1860/1962). *Treatise on Physiological Optics* (Vol. 2). New York: Dover Publications, Inc.
- Helmholtz, Hermann von (1866/1962). *Treatise on Physiological Optics* (Vol. 3). New York: Dover Publications, Inc.
- Hering, Ewald (1872/1964). *Outlines of a theory of light sense*. Cambridge (Mass): Harvard University Press
- Hering, Ewald (1878). *Zur Lehre vom Lichtsinne. Sechs Mittheilungen an die kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien*. Viena: Druck und Verlag von Carl Gerold's Sohn.
- Hering, Ewald (1888). "Zur Theorie der Vorgänge in der lebendigen Substanz". *Lotos, Jhrb. Naturwiss*, No. 9.
- Hering, Ewald (1897). *On Memory and the Specific Energies of the Nervous System*. Chicago: The Open Court Publishing Company

- Hering, Ewald (1900). "On the theory of nerve activity". *The Monist*, Vol. 10, No. 2, pp. 167-187.
- Hurvich, Leo M & Jameson, Dorothea (1955). "Some Quantitative Aspects of an Opponent-Colors Theory: I. Chromatic Responses and Spectral Saturation". *Journal of the optical society of America*, vol. 45, No. 7, pp. 546-552.
- Hurvich, Leo M & Jameson, Dorothea (1957). "An Opponent-Process Theory of Color Vision". *Psychological Review*, vol. 64, no. 6, pp. 384-404.
- Hurvich, Leo M. (1969). "Hering and the scientific establishment. *American Psychologist*, Vol., 24, No. 5, pp. 497-514.
- Knight, David (1990). "Romanticism and the sciences". *Romanticism and the sciences*. Andrew Cunningham & Nicholas Jardine (Eds.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mach, Ernst (1896). *Contributions to the Analysis of Sensations*. La Salle: The Open Court Publishing Company.
- McMullin, Ernan (1987). "Scientific controversy and its termination". *Scientific controversies*. Caplan. H. Tristram Engelhardt Jr. & Arthur L. Caplan (Eds.) Cambridge: Cambridge University Press.
- Maxwell, J. C. (1855). "Experiments on colour as perceived by the eye." *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, Vol. 21, No. 2, pp. 275-298.
- Morgan, S. R. (1990). "Schelling and the origins of his *Naturphilosophie*". *Romanticism and the Sciences*. Andrew Cunningham & Nicholas Jardine (Eds.). Cambridge: Cambridge University Press
- Newton, Isaac. (1717/1977). *Óptica, o tratado de las reflexiones, inflexiones y colores de la luz*. Madrid: Ediciones Alfaguara.

- Pera, Marcello (2000). "Rethoric and Scientific Controversies". *Scientific Controversies: Philosophical and Historical Perspectives*. Peter Machamer, Marcello Pera & Aristides Baltas (Eds.). Oxford: Oxford University Press
- Richards, Robert J. (2002). *The Romantic Conception of life*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Risse, Guenter B. (1972). "Kant, Schelling and the Early Search for a Philosophical "Science" of Medicine in Germany". *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences*, Vol. 27, no. 2, pp. 145-158.
- Risse, Guenter B. (1976). "'Philosophical" Medicine in Nineteenth-Century Germany: An Episode in the Relations between Philosophy and Medicine". *The Journal of Medicine and Philosophy*, Vol. 1, no. 1, pp. 72-92.
- Rothschuh, Karl E. (1973). *History of Physiology*. New York: Robert E. Krieger Publishing Company.
- Sepper, Dennis L. (1990). "Goethe, colour and the science of seeing". *Romanticism and the Sciences*. Andrew Cunningham & Nicholas Jardine (Eds.). Cambridge: Cambridge University Press
- Temkin, Owen (1946). "Materialism in French and German Physiology of the Early Nineteenth Century". *Bulletin of the History of Medicine*, Vol. 20, pp. 322-327.
- Turner, R. Steven (1994). *In the Eye's Mind: Vision and the Helmholtz-Hering Controversy*. Princeton: Princeton University Press
- Young, Thomas. (1802). "On the Theory of Light and Colours". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 92, pp. 12-48.