

El origen del principio de causalidad exterior en los modelos epistemológicos de Hermann von Helmholtz y Ramón Turró

Daniel López Sanz¹

Recibido: 31 de julio de 2018

Aceptado en versión definitiva: 19 de abril de 2019

Resumen. En este artículo se analiza la crítica de Ramón Turró a la teoría epistemológica de Helmholtz sobre el origen del conocimiento del principio de causalidad exterior. Ambos consideran que los modelos epistemológicos psicólogos no permiten explicar cómo se adquiere el conocimiento del principio de causalidad exterior. Frente a estos modelos, ambos conceden una importancia fundamental al elemento motriz en el origen del conocimiento del principio de causalidad exterior. No obstante, en el modelo epistemológico de Helmholtz la investigación comienza con la exploración sensoriomotora del entorno, y su teoría acerca del origen del principio de causalidad exterior le compromete con algunas premisas idealistas. El modelo de Turró, sin embargo, logra una mayor radicalidad objetivista comenzando la investigación en un estadio más básico del desarrollo del individuo, la experiencia trófica. Por último, se analiza el estatuto epistemológico del principio de causalidad, tanto en la obra de Helmholtz como en la obra de Turró.

Palabras clave: Turró – Helmholtz – conocimiento – epistemología – causalidad.

Title: The origin of the principle of external causality in Hermann von Helmholtz and Ramón Turró's epistemological model

Abstract. This article analyses Ramón Turró's critique of Helmholtz's epistemological theory on the origin of knowledge of the principle of external causality. Both authors believe that psychological epistemological models do not explain how knowledge of the principle of external causality is acquired. In contrast to these models, they attribute fundamental importance to the motor element in the origin of the knowledge of the principle of external causality. However, in Helmholtz's epistemological model, investigation begins with a sensorimotor exploration of the environment, and his theory on the origin of the principle of external causality commits him to certain idealistic premises. The Turró model, however, achieves greater depth in its objectivist analysis by starting investigations from a more basic stage of the development of the individual, the

¹ Universidad de Valencia. Universidad Nacional de Educación a Distancia

✉ danlopsa@gmail.com

López Sanz, Daniel (2019). El origen del principio de causalidad exterior en los modelos epistemológicos de Hermann von Helmholtz y Ramón Turró. *Epistemología e Historia de la Ciencia*, 3(2), 70-86. ISSN: 2525-1198

(<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/afjor/index>)



trophic experience. Lastly, the article analyses the epistemological statute of the principle of causality in both Helmholtz and Turró's work.

Keywords: Turró – Helmholtz – knowledge – epistemology – causality

1. Introducción

La teoría de la percepción de Hermann von Helmholtz (1821-1894) constituye una referencia continua en las investigaciones epistemológicas que Ramón Turró (1854-1926) llevó a cabo a principios del siglo XX. En una primera etapa, como veremos, la investigación de Turró sobre el origen de la experiencia empírica se mantiene en coordenadas próximas al planteamiento de Helmholtz. Siguiendo el trabajo de Liesbet de Kock, analizaremos la síntesis entre empirismo e idealismo que supone el modelo epistemológico de Helmholtz, y defenderemos que este modelo fue inicialmente aceptado por Turró. Sin embargo, y esto constituye el elemento central de la tesis defendida, mostraremos que la epistemología de Turró, a partir de sus estudios sobre la alimentación, se constituye, en gran medida, como radicalización objetivista del planteamiento de Helmholtz.

En este artículo nos ocuparemos concretamente de la posición de ambos autores respecto al origen del conocimiento del principio de causalidad exterior. Analizaremos, en primer lugar, el modelo de Helmholtz acerca de esta cuestión, y su oposición, compartida por Turró, al psicologismo, tanto asociacionista como innatista. Su propuesta se presenta como una síntesis del empirismo, especialmente en la figura de Stuart Mill, y del idealismo, con la influencia de Kant y Fichte. Se mostrará que el planteamiento inicial de Turró, respecto al origen del principio de causalidad exterior, se mantiene próximo al de Helmholtz.

Posteriormente estudiaremos el modelo epistemológico acerca de esta misma cuestión que Turró desarrolló en una segunda etapa. Vinculado a sus estudios psicofisiológicos sobre el proceso de nutrición, el modelo de Turró supone, como en el caso de Helmholtz, un distanciamiento de las premisas del psicologismo (asociacionista o innatista). En lugar de explicar, como el psicologismo, el origen del conocimiento del principio de causalidad exterior a partir del elemento de receptividad sensorial o de un conjunto de instintos, propone explicarlo, como Helmholtz, a partir de la exploración motriz. Sin embargo, defenderemos que, para evitar ciertos presupuestos idealistas que funcionan en el modelo de Helmholtz, como el carácter a priori del principio causal o la aceptación de una voluntad incondicionada, el análisis de Turró no parte directamente de la experiencia sensoriomotora del individuo, sino que se remonta a un estadio más básico, la experiencia trófica del recién nacido. De este modo explica, a partir de categorías objetivistas, cómo se adquiere el principio causal y el principio de causalidad exterior. Por último, al final de este trabajo, revisaremos qué validez atribuyen al principio de causalidad exterior tanto Helmholtz como Turró.

2. La teoría de la percepción de Helmholtz

De la enorme obra de Helmholtz vamos a detenernos en sus estudios sobre la percepción para analizar el papel del principio de causalidad exterior. Desde que fue nombrado, en 1849, profesor de fisiología en Königsberg, Helmholtz, centró sus esfuerzos en la investigación fisiológica y psicológica acerca de la visión. Tras medir la velocidad de las conexiones neuronales, e inventar, en 1850, el oftalmoscopio y el oftalmómetro, que permitían la investigación directa del interior del ojo, publicó una serie de artículos en los que analizó la naturaleza de los colores (Finger y Wade 2001 y 2002b; Meulders 2010). Toda esta investigación se concreta en su célebre *Tratado de Óptica Fisiológica (Handbuch der Physiologischen Optik)* que apareció en tres partes. En la primera, publicada en 1856, tras su traslado a Bonn, estudia el ojo desde un punto de vista fisiológico, aportando toda la información obtenida a partir del uso del oftalmoscopio y del oftalmómetro. La segunda parte, publicada en 1860, se ocupa en gran medida de la naturaleza de las sensaciones de color, y la última, publicada en 1867, constituye fundamentalmente un análisis de la percepción desde un punto de vista psicológico.

El sistema visual, para Helmholtz, opera a través de una síntesis de los distintos estímulos que inciden en un determinado punto retiniano, afectando así, en distinto grado, a fibras nerviosas de tres tipos. De este modo, si bien los rayos luminosos que funcionan como estímulos son físicamente distinguibles por su longitud de onda, el resultado psíquico es una sensación simple en la que no pueden reconocerse elementos diferenciables. No ocurre igual con el sistema auditivo, que estudió, en 1863, en *Sobre la sensación de tono (Tonempfindungen)*. Observó, en este sentido, que el sistema auditivo, a diferencia del sistema visual, no opera a través de síntesis, sino que dos o más estímulos en vez de dar lugar a una sensación simple, como en el caso del sistema visual, generan una sensación compleja en la que cada componente puede ser detectado.

En la teoría de la percepción de Helmholtz, las sensaciones son signos que, por medio de una interpretación, que requiere experiencia, anuncian la presencia de un determinado entorno exterior. De esta forma, como es sabido, la percepción es identificada por Helmholtz con un razonamiento inconsciente que opera sobre la base de las sensaciones recibidas y de las experiencias motrices pasadas. Al afirmar que la percepción supone una inferencia inconsciente, está retomando una idea ya avanzada por Stuart Mill (Boring, 1942; De Kock, 2014a,b), expuesta, por ejemplo, en *Psychological Theory of the Belief in an External World* (1865), y que supuso, en la época de Helmholtz, una referencia continua en la aproximación epistemológica al conocimiento del mundo exterior. De acuerdo con esta teoría, en las sensaciones inmediatas se percibe, sobre la base de experiencias previas, el entorno objetivo como una posibilidad de determinados grupos de sensaciones, lo que implica la expectativa de que esas sensaciones surgirán bajo ciertas condiciones motrices. De este modo, Mill describe cómo se conforma la creencia en el mundo exterior a partir de un conjunto de asociaciones, oponiéndose así a cualquier forma de innatismo. Rechaza, por tanto, cualquier presupuesto más allá de la capacidad psicológica de generar expectativas y las leyes de asociación.

El modelo de Helmholtz presenta, como se ha dicho, muchas semejanzas con lo planteado previamente por Mill, lo que ha llevado a hablar de la teoría Helmholtz-Mill de la percepción (Hochberg, 2007). Sin embargo, mientras en la obra de Mill encontramos

una oposición explícita y activa a la tradición idealista, Helmholtz toma consciencia de algunos presupuestos que, en la teoría de la percepción, resultan irreductibles al asociacionismo, de modo que encontramos, como veremos, un intento de sintetizar el empirismo y el idealismo. En concreto, Helmholtz es consciente de que las leyes de asociación no explican el origen del conocimiento del principio causal y tampoco la libre actividad del sujeto, que subyace, como veremos, al conocimiento del principio de causalidad exterior. En este sentido, como se verá, Helmholtz apela a una estructura a priori del entendimiento por la que los signos sensoriales son referidos a la realidad, y la existencia de una voluntad susceptible de establecer inferencias a partir de la experiencia adquirida, y cuya acción es irreductible a una explicación causal de acuerdo con el procedimiento de las ciencias naturales.

Contrariamente a Mill, cuya Ciencia del Hombre, se fundaba en la doctrina de la necesidad filosófica, enunciando que “la ley de causalidad se aplica en el mismo sentido estricto tanto a la acción humana como a otros fenómenos”, la psicología del objeto de Helmholtz gira sobre la asunción de un impulso de voluntad incondicionado y autónomo, elemento constitutivo del proceso perceptivo (De Kock, 2014a, p. 128, traducción propia).

El modelo de inferencia perceptiva de Helmholtz, en definitiva, tiene una estructura similar a la de Mill, pero con el reconocimiento de ciertos presupuestos no reductibles a las leyes de asociación. Como en un silogismo, la inferencia inconsciente que actúa en la percepción, tal y como Helmholtz la entiende, está formada por una premisa mayor, una premisa menor y una conclusión. En el caso de la percepción visual, la premisa menor (A) está constituida por las impresiones sensoriales, que suponen tanto el efecto de la luz (una sensación de color) como una sensación específica según la zona retiniana estimulada (signo local). Estas sensaciones obedecen a las leyes físicas y fisiológicas. También incluye un determinado grado de inervación de los músculos de los ojos. En definitiva, la premisa menor está constituida principalmente por estos tres tipos de elementos sensoriales: color, signo local y sensaciones musculares.

La premisa mayor ($A \rightarrow B$) remite a la experiencia, al conocimiento de leyes generales acerca del entorno obtenidas a partir de experiencias sensoriomotoras previas. La información sensorial contenida en la premisa menor (A) está vinculada a cierta percepción del entorno (B), lo que es posible sobre la base de previas generalizaciones inductivas y su posterior síntesis (entre sensaciones visuales y movimientos que permiten su localización e identificación). Pero conocer el objeto no es meramente conocer cómo variarán cierto grupo de sensaciones si se dan determinadas condiciones motrices, posición próxima a la de Mill, sino que implica la asunción de que las sensaciones tienen carácter de signos, es decir, refieren a una causa (principio causal), y que algunas de estas causas tienen un carácter externo, están ubicadas en el espacio (principio de causalidad exterior).

Por último, la conclusión constituye la inferencia de un entorno objetivo (existencia, forma y posición de los objetos exteriores) a partir de la sucesión de sensaciones que resultan del movimiento del cuerpo y los ojos (A) y del conocimiento tácito del entorno basado en experiencias sensoriomotoras ($A \rightarrow B$). En esta conclusión, de carácter hipotético, se produce una síntesis entre la experiencia, que se encuentra en

la memoria, y las sensaciones inmediatas, esta síntesis es la apercepción. En la apercepción no se discrimina entre la sensación inmediata y el elemento memorístico, sino que esta se presenta como un todo en el que el objeto es percibido.

Para Helmholtz estas inferencias eran conscientes inicialmente, aunque debido a su repetición se han llegado a automatizar y tornarse inconscientes. No obstante, las inferencias inconscientes, en tanto que resultado de un aprendizaje, no tienen carácter innato e irreversible, por lo que, a pesar de ser casi irresistibles, dejan un espacio para su modificación por nuevas experiencias.

El entorno objetivo tridimensional está, pues, presente continuamente, aunque solo se tenga una perspectiva de este, como término de una inferencia inconsciente. De este modo, podemos anticipar la imagen del objeto que se desplegará bajo nuestra acción y producir nuevas inferencias (que eventualmente pueden corregir inferencias previas) sobre la base de la continua información sensorial que va surgiendo del movimiento voluntario. El planteamiento de Helmholtz no se basa en un individuo pasivo que únicamente establece asociaciones, sino que supone un individuo activo, un elemento voluntarista, que establece hipótesis, basadas en su experiencia, y compara lo previsto en su acción con los resultados para corregir eventualmente la inferencia inconsciente.

En definitiva, según lo indicado, la teoría de la percepción de Helmholtz implica no solo la experiencia sensoriomotora, explicable en términos asociacionistas, como en el caso de Mill, sino también la asunción tanto del principio causal como del conocimiento de la causalidad exterioridad.

3. La cuestión del origen del principio de causalidad exterior desde el innatismo psicologista

Los límites del empirismo para dar cuenta del origen cognoscitivo del principio de causalidad exterior, condujeron, en algunos casos, a soluciones idealistas, pero también abundaron propuestas que, aceptando el psicologismo propio del empirismo, sin embargo, defendían el carácter innato del principio de causalidad exterior. El innatismo fue así aumentando su popularidad, especialmente con el impulso teórico que el darwinismo proporcionaba a estos planteamientos. La teoría funcionalista de la mente posibilitaba enfrentarse al empirismo sin renunciar a una naturalización de la epistemología.

En relación con la explicación sobre el origen de conocimiento del principio de causalidad exterior, nos referiremos brevemente a uno de los primeros defensores del innatismo, a saber, el maestro de Helmholtz, Johannes Müller. Este se había preguntado por el origen del principio de causalidad exterior, a cuenta de su ley de las energías específicas, y su solución había sido una forma de innatismo psicológico, a saber, el principio causal es inmediatamente adquirido con las sensaciones en el útero:

La primera oscura idea excitada no podría ser otra que la de sentiente pasivo “yo” contradistinto de algo actuando sobre él. El útero, el cual compele al niño a asumir determinada posición, y da lugar a la sensación de sí mismo, es también el medio de excitar en el sensorio del niño la conciencia de algo distinto de sí mismo y externo a él. De este modo se adquiere la idea de un

mundo externo como causa de las sensaciones. (Müller [1833/40] 1843, p. 717, traducción propia). Citado por De Kock (2014b, pp. 718-719).

Para Müller no solo es innata la distinción entre las sensaciones y su causa, es decir, el conocimiento del principio causal, sino también el conocimiento de la exterioridad, de la espacialidad de la causa, es decir, el conocimiento del principio de causalidad exterior. El estímulo periférico al transmitirse a las regiones centrales no solo supone una cualidad específica (ley de energías específicas), sino también una referencia a una causa y a la zona del cuerpo en que esta se aplica. La posición de Müller es, por tanto, una forma de psicologismo innatista, y no, como se suele considerar, una suerte de idealismo neokantiano, que él mismo se encargó de rechazar. Por supuesto, Müller todavía no podía defender una teoría funcionalista de la mente, basada en el darwinismo, aunque ese será el camino que tomará buena parte del innatismo a finales del siglo XIX.

En el caso de Müller no hay ninguna apelación a facultades metafísicas o a condiciones trascendentales de la experiencia, sino únicamente una defensa de que el principio causal y el conocimiento de la ubicación de esa causa se transmiten inmediatamente en la reacción nerviosa. Las relaciones espaciales son percibidas de modo innato porque las terminaciones nerviosas mantienen relaciones topológicas iguales a las de las fibras nerviosas, relaciones que son, de este modo, transmitidas a nivel central. No obstante, el conocimiento innato del espacio corporal no supone, para Müller, un conocimiento innato del espacio exterior, de modo que resulta necesario un proceso de aprendizaje motriz para conocer la tercera dimensión del espacio.

Una constante a lo largo de todo el trabajo de Helmholtz, y así ocurre también con Turró, es el rechazo de las soluciones innatistas. Para Turró, el innatismo es una reacción inadecuada, que se remonta al mismo Hume, a los límites del empirismo, y que no puede dar cuenta del origen del principio de causalidad exterior, pues explica este como resultado de un instinto. Sin embargo, el innatismo, al recurrir a un instinto innato, no explica el origen del conocimiento del principio de causalidad exterior a partir de condiciones objetivas, limitándose a recurrir a instintos como hipótesis *ad hoc* que permitan explicar las funciones cognitivas:²

Decía Hume, con la lealtad que caracterizaba al gran pensador, que la tendencia que impulsa a referir el fenómeno a su causa (y un fenómeno es siempre lo que se nos exhibe bajo la forma de imágenes) no podía explicarse lógicamente, por ser instintiva. Tenía razón en creerlo así; en la que no lo tenía era en creer que el instinto fuese una fuerza ciega. (Turró, 1921, p. 287)

4. La influencia de Kant y Fichte en la teoría de la percepción de Helmholtz

Frente a lo que consideran algunos intérpretes, entre ellos el mismo Boring (1942), el planteamiento de Helmholtz, respecto al principio de causalidad exterior, está influido por ciertos planteamientos de la filosofía idealista, más que por el concepto de instinto empleado por el innatismo. En su modelo epistemológico hay una tensión entre el

² La obra de Darwin había sido introducida en España fundamentalmente por Peregrín Casanova Ciurana (1849-1919), teniendo una enorme repercusión. Turró conoce y es partidario del modelo darwinista, sin embargo, en su trabajo no se discute la posibilidad de que la teoría darwinista de la evolución por selección natural pueda emplearse como explicación objetivista de los instintos a los que recurre el innatismo.

empirismo y el idealismo, cuestión que ha sido señalada entre muchos otros por Hatfield (1990), Lenoir (1993) o Disalle (2006). No obstante, en los últimos años, se ha destacado que la influencia idealista no proviene únicamente de la filosofía kantiana, como se suele subrayar, sino que también se percibe en su obra el efecto de la filosofía de Fichte, como señalan, por ejemplo: Turner, 1970; Scheerer (1989), Meulders (2010) y Heidelberger (1993), De Kock, (2011, 2014a, b).

En este artículo nos mantendremos próximos al trabajo de Liesbet de Kock, que ha analizado detalladamente la influencia del idealismo en la obra de Helmholtz, a partir de una lectura que no se centra, como es habitual, en su filosofía de la ciencia, sino en su teoría de la objetivación en el campo de la percepción. Comenzaremos exponiendo, de acuerdo con el planteamiento de esta autora, el papel de la filosofía kantiana en el análisis de Helmholtz acerca del origen del principio causal, y más adelante estudiaremos la influencia de Fichte en su análisis del proceso de conformación del principio de causalidad exterior, es decir, el proceso de exteriorización de algunas causas objetivas.

Respecto a la primera cuestión, el principio de causalidad se constituye, para Helmholtz, como una condición de la inteligibilidad de la naturaleza, pues confiere el carácter de signos a los fenómenos sensoriales. Capacita, por tanto, para pasar de las sensaciones a la realidad actual, ya sea interna o externa. Aunque, como veremos, el estatuto epistemológico del principio causal varía a lo largo de la obra de Helmholtz, su posición puede identificarse con un kantismo naturalizado. El principio causal es un principio psicológico a priori, una condición psicológica de la experiencia, sin la cual sería imposible ninguna forma de percepción.

La segunda cuestión que hemos apuntado es la cuestión del origen del conocimiento del principio de causalidad exterior. No se trata en este caso de que las sensaciones adquieran el carácter de signos de una causa, sino que esta llegue a exteriorizarse, de modo que pueda distinguirse entre los objetos en el espacio exterior y las sensaciones internas. En esta cuestión, como señala De Kock, podemos encontrar en la teoría de la percepción de Helmholtz, un esquema similar, en cierto grado, al de Fichte. No obstante, como esta misma autora señala, la deuda de Helmholtz con Fichte no es en relación con su metafísica, sino respecto al proceso de conformación psicológica de la experiencia del objeto exterior.³

Helmholtz parte del impulso voluntario del yo, que no obedece a ninguna causa física, y que, como acto de libertad, es directamente perceptible, como esfuerzo distinto de las sensaciones cinestésicas, en el desarrollo de la acción (De Kock, 2014a, pp. 224-226). Para Helmholtz, el movimiento voluntario descansa en un elemento psíquico irreductible, un acto de voluntad (*Willensanstrengung*). La cuestión, para Helmholtz, es determinar cómo se llega a diferenciar entre las sensaciones que refieren a un orden causal impersonal, exterior, que no deriva del sujeto, y las sensaciones que resultan de la voluntad del sujeto, pues sin esta distinción es imposible la experiencia del entorno.

El modelo de Helmholtz parte, por tanto, de una voluntad incondicionada, un yo, que pone en marcha el movimiento, y que puede valorar el resultado de su acción. De este

³ El padre de Helmholtz fue un amigo muy próximo del filósofo Inmanuel Hermann Fichte (hijo de Johann Gottlieb Fichte). En la correspondencia con su padre, Helmholtz señala en varias ocasiones que su trabajo experimental está llevando a conclusiones similares a las mantenidas por Fichte en su análisis de la percepción (De Kock, 2014a, pp. 219-223).

modo, esa voluntad incondicionada, al realizar una acción puede distinguir entre las sensaciones que siguen siempre a esta acción, que son las sensaciones cinestésicas y dependen, pues, de la voluntad, y las sensaciones que surgen al margen de la voluntad (De Kock, 2011). En estas sensaciones, que no obedecen inmediatamente a la acción, se descubre un orden sensorial exterior, que constituye un límite a la acción. Por tanto, el objeto (no-Yo) se establece como resistencia, límite a la actividad pura.⁴ De este modo, el principio de causalidad exterior se conforma como límite a la voluntad:

Las sensaciones musculares constituyen, para Helmholtz, una condición fisiológica para la conciencia de una oposición entre lo que “el Ego puede y no puede cambiar”, una precondition para la externalización de aquellas modificaciones sensoriales que no pueden ser interpretadas en términos de producción subjetivas. Más que la mera explicación de la experiencia de la agencia las sensaciones musculares parecen jugar un papel epistemológico más fundamental como el fundamento de la distinción interno-externo en la experiencia. (De Kock, 2011, pp. 7-8, traducción propia).

El presupuesto del principio de causalidad exterior en la obra de Helmholtz, remite, por tanto, a otro anterior, a la actividad incondicionada de un yo, que descubre una resistencia a su actividad, y asume ese límite como una causa permanente (principio de causalidad exterior). De este modo, para Helmholtz, el principio de causalidad exterior, y la experiencia en general, serían imposibles sin la existencia de la voluntad:

La distinción entre pensamiento y realidad es posible solo cuando sabemos cómo distinguir entre lo que “Yo” puedo cambiar y lo que “Yo” no puedo cambiar...Lo que nosotros entonces alcanzamos es el conocimiento de un orden legal en el reino de la realidad, pero solo en la medida en que es representado en los signos dentro del sistema de impresiones sensoriales. (Helmholtz 1878/1903, p. 242, traducción propia). Citado por Gerald Westheimer (2008, p. 642).

5. La influencia de Helmholtz en la teoría de la percepción de Turró

La concepción de la inteligencia perceptiva de Turró, en toda su obra, es similar a la de Helmholtz. La inteligencia natural no es una facultad que opere mediante intuiciones, ni está teleológicamente orientada al objeto. La intelección, afirma Turró, es la conciencia de una relación necesaria entre uno o más antecedentes y su conclusión. Tras el análisis de la inferencia inconsciente en Helmholtz podemos entender ya ese

⁴ Una exposición de la filosofía de Fichte rebasa el objetivo de este artículo. No obstante, como aproximación esquemática, podemos señalar que Fichte, rechazando el elemento intuitivo del modelo kantiano, parte, como primer principio, de un acto primitivo, incondicionado, libre, la posición del Yo absoluto como agente. Pero esta posición absoluta es inconsciente, pues la consciencia supone un elemento relacional. Sin embargo, el segundo principio nos indica que el Yo absoluto reconoce un elemento de oposición, de receptividad, una resistencia, se trata de la intuición sensorial que constituye su límite, aunque este límite, objeto de conocimiento, sea interno al yo absoluto. De este modo, y este el tercer principio, aunque el Yo absoluto es infinito, al oponer límites objetivos a su actividad, diferencia en sí mismo un Yo finito, limitado por el no-Yo, y emerge así la contraposición entre el sujeto empírico y el mundo, una contraposición que se da en el interior del Yo absoluto. El yo queda limitado por el no-yo en el conocimiento, que en su grado supremo descubre que la actividad que produce el objeto es fruto del yo. El no-yo, por su parte, es superado por el yo en la acción moral.

proceso. Para Turró, la inteligencia natural es la inferencia del entorno objetivo a partir de ciertos signos sensoriales resultantes del movimiento y de cierta experiencia adquirida, operando ambos elementos como antecedentes.

Sin embargo, a diferencia de la inferencia discursiva, la inferencia que se pone en juego en la percepción tiene, para Turró, un carácter fenomenológico irreductible que no puede ser expresada en palabras. En algunos pasajes de su obra Turró recurre al concepto de apercepción de Wundt, como fruto de la inferencia inconsciente las notas cualitativas son percibidas inmediatamente en el entorno objetivo. Como Helmholtz, también Turró considera que esa inteligencia inferior opera de modo inconsciente, es el resultado del automatismo al que lleva la repetición, de modo que inicialmente tuvo que ser consciente:

Helmholtz llamó a esos juicios razonamientos inconscientes. Si entendemos que es inconsciente aquello cuyo proceso lógico somos incapaces de evocar en la conciencia, todo proceso devenido automático, como la escritura, toca el piano, deambular, etc., se ha de estimar como inconsciente. Mas en su origen, en los tiempos de su formación se ha de convenir en que son plenamente conscientes, ya que absorben la atención que los elabora y son la de toda la vida mental que alborea con esos dificultosos aprendizajes. Indudablemente el acto intelectual que transforma la sensación en intuitiva, es de la misma naturaleza que el que se acusa en procesos lógicos más superiores. (Turró, 2006/1910, p. 39)

Turró acepta, por tanto, a grandes rasgos, el modelo de percepción de Helmholtz como inferencia inconsciente, encontrando también insuficiente el planteamiento empirista para dar cuenta de este proceso. Al comentar la obra de Helmholtz, Turró observa que en ella se fija como presupuesto el principio causal:

Helmholtz, cuyos hábitos de investigador le alejaban del arbitrarismo especulativo, comprendió claramente que de la experiencia motriz se infiere el lugar del espacio que ocupan los objetos; mas en los objetos emplazados en estos lugares percibimos, a más del color, el olor, el timbre, el sabor, cualidades propias del sentido, algo subsistente, algo que es en sí mismo sin color, sin olor, sin sonoridad ni sapidez y sin cuya acción esas cualidades no aparecerían nunca en los sentidos. (Turró, 1921, p. 211)

En sus primeras obras acerca de cuestiones epistemológicas, Turró se mantiene en las coordenadas del planteamiento de Helmholtz tanto respecto a la adquisición del principio causal como al conocimiento de su exterioridad. Así ocurre, por ejemplo, en su obra *Psicología del equilibrio del cuerpo humano*, publicada en 1908, en la que parte de una voluntad incondicionada que sufre la imposición de cierto orden sensorial, de modo que descubre así sus límites, conformándose el conocimiento de la realidad exterior. Incluso encontramos, en su obra de 1910, *La intuición sensible según la doctrina escolástica y la percepción óptica según Helmholtz*, el esquema, basado en el idealismo de Fichte, de este proceso, según el cual, la voluntad (el yo), al toparse con su límite, se bifurca en yo y no-yo, de modo que a partir de entonces la inteligencia puede conocer el orden causal exterior mediante la exploración motriz:

Si la inteligencia no hallase formulados ante sí los efectos del mundo exterior, encerrada en sí misma, no le sería posible descubrir que hay una realidad exterior, ni adquiriría el sentimiento o la conciencia de sí misma de no poder

contrastarlo con el sentimiento o la conciencia de lo otro, oponiendo el yo al no yo; mas los sentidos acusan la presencia del mundo exterior, y entonces es cuando el principio intelectual descubre que estos efectos son debidos a una causa. (Turró, 2006/1910, p. 36)

Sin embargo, sus investigaciones psicofisiológicas sobre el hambre le conducirán a una profundización objetivista en los supuestos de Helmholtz. En su etapa madura, especialmente en *Los orígenes del conocimiento*, rechaza de modo explícito cualquier forma de principio no explicable en términos objetivistas y encontramos un esfuerzo por analizar, en el contexto de la experiencia trófica, el origen objetivo del conocimiento del principio causal y de su exteriorización. Se produce, por tanto, una radicalización en la aplicación del método objetivo, de tal modo que esas condiciones de la experiencia, que Helmholtz toma de la filosofía idealista, ahora serán estudiadas por Turró a partir de las condiciones objetivas que envuelven el proceso inconsciente de alimentación del recién nacido.

6. El conocimiento del principio de causalidad exterior en la experiencia trófica

Hemos visto que el modelo de Helmholtz implica el conocimiento del principio causal, que permite referir las sensaciones, como signos, a la realidad, siendo, por tanto, un principio regulativo del entendimiento que es condición de posibilidad de la percepción. Del mismo modo, el planteamiento de Helmholtz también supone un componente voluntarista, pues es la acción voluntaria, previa a la experiencia, la que permite conocer la exterioridad del entorno, es decir, el principio de causalidad exterior.

Turró, tras una primera etapa, en la que su planteamiento es cercano al de Helmholtz, en sus últimas obras, plantea su descontento con los supuestos tanto del principio causal, sin explicar sus condiciones objetivas, como de una voluntad incondicionada, de la que depende el conocimiento del principio de causalidad exterior. Serán sus análisis psicofisiológicos sobre el proceso de alimentación, lo que permitirá a Turró una radicalización objetivista del modelo de Helmholtz, al comenzar no con la experiencia sensoriomotora, sino con la experiencia trófica. El planteamiento de Turró supone, por tanto, un regreso a las condiciones objetivas que subyacen a la experiencia trófica, una exploración del proceso de alimentación inconsciente del recién nacido, para analizar cómo se adquiere la experiencia de la realidad trófica y de su exterioridad.

Aunque en este artículo nos resulta imposible extendernos en el proceso que, en el modelo de Turró, conduce, en la primera fase de la experiencia trófica, al conocimiento del principio causal, que permite referir ciertas sensaciones a la realidad trófica, nos ocuparemos brevemente de esta cuestión pues constituye una condición previa a la adquisición del conocimiento del principio de causalidad exterior. Hemos visto que la constatación de los límites del asociacionismo, lleva a Helmholtz a suponer el principio causal como un principio psicológico a priori, condición de la experiencia. Turró se halla ante la misma dificultad, pero trata de dar respuesta a ella a partir del análisis de las condiciones objetivas que explican su origen. La función sensorial no comporta por sí misma conciencia, pues la conciencia supone referencia a la realidad y en las sensaciones no está integrada dicha referencia. Turró se encuentra, por tanto, con la

dificultad de explicar cómo la función sensorial adquiere un carácter representacional, es decir, cómo el individuo adquiere el principio causal, y a través de este, la consciencia de la realidad. Se ha de aprender a usar la función sensorial para representar la realidad, teniendo en cuenta que la realidad es entendida no en términos absolutos, sino como causa que provoca un efecto psíquico. Aunque esa causa, como veremos, no es originalmente un objeto.

Aunque nada en las sensaciones exteriores proporciona información de la acción sobre el psiquismo, sin embargo, al analizar el proceso de alimentación, Turró encuentra que la situación es distinta si nos fijamos en las sensaciones gástricas. Estas sensaciones están vinculadas a la saciedad, pues con las sensaciones en el estómago se inhibe el hambre, se produce un tránsito del hambre a su cancelación. De este modo, en las sensaciones gástricas se descubre la acción inhibitoria del hambre, que constituye la presencia más inmediata de la realidad, que hará posible el origen y desarrollo de la consciencia. Nos remitimos a la distinción de Helmholtz, expuesta anteriormente, entre la realidad en sentido absoluto, metafísico, y la realidad, en sentido empírico, como acción sobre el organismo. Lo que se descubre en el proceso de alimentación es una acción sobre el organismo.

La experiencia trófica no será otra cosa que la discriminación de los distintos alimentos por medio de signos sensoriales a través de un proceso asociativo. Los signos sensoriales anticipan la acción trófica, sin que por ello constituyan todavía propiedades del alimento, que inicialmente no es una realidad objetiva. Estos signos, aunque permiten conocer progresivamente los alimentos, no tienen una relación necesaria con el alimento, sino contingente. El sonido de la campana, recordando el experimento de Pávlov, anticipa al alimento, pero esta anticipación está basada en un proceso inductivo que no contiene necesidad. El sonido puede darse sin la posterior presencia del alimento y por eso no es una propiedad objetiva del alimento. En cualquier caso, con este conocimiento de las realidades tróficas por medio de signos sensoriales anticipatorios, se origina el conocimiento del principio causal, y de este modo la consciencia de la realidad trófica. Pero esta consciencia del alimento, que supone la mediación sensorial, todavía no es una consciencia de una realidad objetiva, exterior, sino de una acción trófica sobre el apetito.

El objetivo de este artículo, no obstante, es mostrar cómo Turró explica, en términos objetivistas, el proceso de exteriorización de la causa trófica, es decir, cómo lo explica sin aceptar, como en una etapa anterior, próxima al planteamiento de Helmholtz, la acción de una voluntad incondicionada. Como en su análisis del origen del conocimiento del principio causal, Turró parte de su investigación psicofisiológica sobre el proceso de alimentación en los recién nacidos que todavía no son conscientes de la exterioridad de la realidad. La inervación psicomotriz espontánea de los músculos, de acuerdo con sus observaciones, tiene en muchas ocasiones origen psicotrófico. Se trata de un movimiento inconsciente, provocado por causas orgánicas que, como fruto del tanteo, o del auxilio materno, lleva al contacto con el alimento, y de este modo, a la activación de ciertos reflejos como la succión. Así expone Turró la naturaleza de ese movimiento espontáneo que conduce al alimento, a partir de la observación del nacimiento de becerros y cabritos:

Una vez que librados del claustro materno son lamidos, asidua y cariñosamente, durante unos quince o veinte minutos; durante esta operación se desentumecen y parece como que centran el equilibrio y al final de la misma tantean en el aire con el hocico. No es una imagen visual lo que lo orienta; ese movimiento espontáneo es fijado por la impresión táctil pues en la oscuridad se comportan de la misma manera que a la luz. Si tropiezan con la mama lo hunden en la misma en una dirección rectilínea lo mismo que si tropiezan con el vientre sin que nada nos indique que conocen nativamente el pezón; mas como quiera que el impulso trófico que estimula a estos movimientos no se satisface mientras no se acierta con la fuente nutrimenticia, de ahí una tendencia innata al tanteo, vagando incierto. (Turró, 1921, p. 97)

El movimiento espontaneo, inicialmente inconsciente, según hemos dicho, conduce de forma recurrente al alimento. Repitiéndose este proceso múltiples veces, el individuo asocia la inervación psicomotriz inconsciente que inicia el movimiento espontaneo, originado por el hambre, con la presencia del alimento. De este modo, si en el curso de este tanteo inconsciente se produce el contacto con el alimento, se vuelven a inervar los músculos para procurarse de nuevo el alimento. Recuérdese que Turró ha explicado previamente cómo se conoce el alimento, no como objeto exterior, sino como causa trófica, discriminada, anticipada, a través de sensaciones exteriores. De este modo, si en el proceso de alimentación inconsciente, el movimiento espontaneo conduce a ciertos signos sensoriales del alimento, concretamente a ciertas sensaciones táctiles y gustativas, estas sensaciones ya refieren a una causa trófica. Esto explica que estas sensaciones no sean indiferentes, en la medida en que ya son signos del alimento, y que el individuo ensaye determinada coordinación muscular para que el alimento vuelva a hacerse presente, hasta que el movimiento se torna voluntario.

Surge así el movimiento voluntario, es decir, la búsqueda motriz, ahora consciente, del alimento. Un movimiento en el que la inervación psicomotriz de los músculos anticipa ya un determinado resultado trófico. El movimiento voluntario no responde, como en el caso de Helmholtz, a una voluntad incondicionada, sino que se constituye, a partir de condiciones objetivas, en la experiencia trófica.

De este modo, para Turró, la asociación entre un movimiento voluntario y el alimento permite su exteriorización, su localización. El alimento ocupa ahora un lugar exterior que es definido por ese movimiento. El alimento que previamente carecía de ubicación pasa ahora a ser algo exterior, disponible por vía motriz. De esta forma, para Turró, la exterioridad del alimento se descubre al vincularle un movimiento voluntario y equivale a su localización motriz. “El objeto o el mundo exterior que nos rodea, es para nuestras funciones perceptivas lo mismo que el sentimiento del lugar.” (Turró, 1921, p.334)

En el modelo de Helmholtz también el movimiento juega un papel esencial en la localización de los objetos, pero su planteamiento, según la interpretación expuesta, contiene un componente voluntarista. El descubrimiento de la realidad exterior remite a la acción de una voluntad, previa a la experiencia, que, a través de diversas experiencias motrices, descubre su límite en un orden causal que no depende de ella y que objetiva como no-yo. En el planteamiento de Turró, sin embargo, la exterioridad de la realidad no se conoce como límite a la acción de la voluntad, sino que tanto la intencionalidad motriz

como la exteriorización del alimento se conforman en el curso de un movimiento espontáneo, inconsciente, provocado por el hambre, cuando este, de modo azaroso o bajo el auxilio materno, se topa con el alimento.

Nos falta ahora mostrar cómo considera Turró que se adquiere el conocimiento de la relación necesaria entre el alimento, como objeto exterior, ya localizado por vía motriz, y sus propiedades sensoriales objetivas, es decir, cómo se adquiere el conocimiento del principio de causalidad exterior. Ubicado el pezón, a través del movimiento, el individuo puede desplazarse tantas veces como quiera hacia el alimento y siempre, necesariamente, experimentará ciertas sensaciones de presión y sabor. Estas sensaciones ya no están vinculadas al alimento de modo contingente, como meros signos anticipatorios, sino que se vinculan de un modo necesario, en la medida en que se comprueba de forma activa y recurrente que resulta imposible entrar en contacto con el pezón sin que se produzca cierta presión y sabor.

Las sensaciones-signo inicialmente refieren a una causa trófica carente de ubicación, conocida meramente como acción inhibitoria del hambre, y por ello estas sensaciones-signo aparecen de modo imprevisible y tienen una relación contingente con la causa trófica, es decir, el signo sensorial no implica necesariamente la presencia de esta causa trófica. El sonido de la campana pudo ayudar a discriminar y anticipar cierta causa trófica, pero el vínculo entre este sonido y el efecto trófico no es necesario, puede producirse el sonido de la campana sin el efecto trófico.

Sin embargo, tras la ubicación motriz del alimento, algunas sensaciones anticipatorias del alimento ya no son imprevisibles, sino que es posible comprobar de forma activa y recurrente que ciertas sensaciones de presión y gustativas se hacen presentes necesariamente con el alimento. Ahora las sensaciones no son meros signos anticipativos, sino efectos necesarios de una causa conocida. De este modo, estas sensaciones adquieren una relación más estrecha con el alimento, quedando también exteriorizadas. El tacto del pezón en la boca ya no es un signo anticipativo, sino una propiedad objetiva del pezón. Esto permite distinguir en esta etapa entre algunas sensaciones, que permanecen como meros signos anticipativos, como es el caso, de la campana que anticipa al alimento, y otras sensaciones, como la presión del pezón, que están necesariamente vinculados al alimento, y que constituyen sus propiedades objetivas. Por tanto, el proceso anteriormente descrito está en la base del conocimiento del principio de causalidad exterior. “Ahora, por el mero hecho de poder provocarlos de nuevo, posee la conciencia de cuándo los experimentará, por poseer la conciencia de cómo ha de moverse para conseguirlo, y de ahí nace el conocimiento empírico de la causalidad.” (Turró, 1921, p. 289).

En definitiva, Turró explica, a partir de la experiencia trófica, tanto la adquisición del principio causal, como la posterior conformación de la causa objetiva. El primero supone únicamente el proceso de alimentación, el segundo supone además un componente motriz, espontáneo, vinculado al hambre. Por tanto, si las sensaciones-signo del alimento se presentaran siempre sin mediar el movimiento, el individuo conocería el alimento, por la adquisición del principio causal en la experiencia trófica, pero no sabría que es exterior:

Un animal que careciera de movimiento voluntario e ignorase, por ende, cómo debe inervar los músculos de su boca para provocar el contacto del pezón en sus labios y una cierta sapidez e impresión térmica que le anuncia la presencia de la cosa que calma su hambre, puede conocer esa cosa, pero no puede darse cuenta de que es exterior, por faltarle el elemento reversivo de esa experiencia interna (Turró, 1921, p. 290).

De este modo, supuesto un individuo, como la estatua de Condillac, capaz de sentir, pero no de comer (necesario para reconocer que hay algo real por su efectividad trófica) e incapaz también de moverse (necesario para reconocer que lo real es exterior) este carecería de todo conocimiento de su medio:

Mientras la estatua no deje de serlo no tendrá la capacidad de mover la boca y con ello la consciencia del lugar que ocupa; los nervios gustativos podrán reaccionar siempre que el cuerpo sávido los impresione; pero esta reacción sensorial, ni podrá ser atribuida al objeto que la determina, ni podrá ser sentida en la boca. (Turró, 2006/1913, p.138, traducción propia)

7. Validez del principio de causalidad exterior en la obra de Turró y Helmholtz

En este último apartado vamos a analizar la validez del principio de causalidad exterior tanto en la obra de Helmholtz como en la de Turró. En el caso de Helmholtz, su posición va cambiando a lo largo del tiempo. En 1847, en la introducción a su obra *Sobre la conservación de la fuerza*, acepta una posición cercana a un kantismo naturalizado, señalando que el principio de causalidad es un principio psicológico a priori, una condición psicológica de la experiencia y de esta condición deduce, siendo poco fiel al planteamiento kantiano, que podemos obtener conocimientos de validez absoluta. Helmholtz defenderá en un primer momento que el orden causal remite a un orden metafísico. De este modo, nuestra experiencia científica del mundo se corresponde con un mundo de objetos en interacción que afectan a los órganos sensoriales. Como señala Gary Hatfield (1990, p. 210), Helmholtz consideraba en el último tramo de la década de los cuarenta y en la década de los cincuenta que la física nos da una imagen real del mundo cuando lo describe en términos de fuerzas entre partículas.

Posteriormente, aun manteniendo que el principio de causalidad permite afirmar la existencia de un mundo exterior, rechazará que el orden causal establecido por la experiencia pueda ser proyectadas a una realidad absoluta. En la tercera parte de su *Tratado de óptica fisiológica* (1867) negará explícitamente que las representaciones espaciales de los objetos se correspondan con las causas en sí mismas, afirmando que el acuerdo solo se da respecto a la secuencia temporal de los fenómenos. De este modo, en esta etapa, Helmholtz considera que ni siquiera nuestra representación espacial de la realidad puede ser proyectada a una realidad absoluta, aunque todavía no pone en duda la existencia de una realidad exterior independiente.

Con los años destacará todavía más el carácter contingente del conocimiento causal, señalando su validez pragmática, la confianza, basada en el pasado, de que la hipótesis de un orden causal seguirá funcionando en el futuro. En *Los Hechos de la Percepción* (1879), la crítica al realismo metafísico es todavía más profunda que en las

obras anteriores. Se plantea que ni siquiera es posible determinar más que como hipótesis, que nuestra experiencia verse sobre una realidad independiente. Ahora afirmará Helmholtz que la hipótesis idealista, pese a ser improbable e insatisfactoria, es imposible de refutar, por lo que el realismo debe tener también un carácter hipotético.

En el apéndice *a Sobre la conservación de la fuerza* (1881), abandona definitivamente la defensa de la universalidad del principio de causalidad exterior. En esta obra el principio de causalidad ya no será un principio de validez universal, sino que forma parte de la estructura del entendimiento y, por tanto, aunque constituye una condición de cualquier forma de relación cognitiva con el entorno, sin embargo, tiene un carácter epistemológicamente contingente (De Kock, 2014a, p. 169). Sin embargo, como señala De Kock, el reconocimiento de la contingencia epistemológica, no implica que Helmholtz renuncie al carácter psicológico a priori del principio causal y, de este modo, a su necesidad psicológica.

El planteamiento de Turró respecto a la validez del principio de causalidad exterior es, en términos generales bastante similar al de Helmholtz. En este sentido, es necesario tener en cuenta que la filosofía de Turró no es fundamentalista, sino que parte *in media res* de determinadas realidades para establecer filosóficamente las condiciones objetivas que las originan. De este modo, en el caso de la epistemología, Turró parte de la experiencia empírica, universal y necesaria, y realiza una exploración de su origen objetivo. No trata, por tanto, de fundamentar la experiencia para demostrar su carácter universal y necesario, sino de mostrar cómo el individuo llega a adquirir esa experiencia, cuya universalidad y necesidad es patente.

El principio de causalidad exterior determina que existen ciertos objetos exteriores que se definen por determinada localización y por ciertas propiedades observables objetivas. El árbol no puede pasar espontáneamente a ser una vaca, o a tener otra ubicación, pues eso violaría la experiencia del principio de causalidad exterior. De este modo, el principio de causalidad exterior, como elemento básico de la experiencia empírica, no requiere un fundamento metafísico para tener un carácter universal y necesario, pues este ya nos es dado en la experiencia.

Pero esta relación necesaria entre los objetos y sus propiedades objetivas no ha de entenderse en términos metafísicos. El objeto se define por sus potencialidades para provocar determinados efectos sobre la sensibilidad externa desde una ubicación, de modo que esos efectos determinan sus propiedades objetivas. El problema epistemológico de Turró, en este caso, es determinar cómo el individuo llega a conocer el principio de causalidad exterior y no juzgar sobre la naturaleza metafísica de la realidad exterior. En la medida en que la experiencia empírica se define, para Turró, por una relación necesaria entre ciertas causas y ciertos efectos sensoriales, no tiene sentido preguntarse, partiendo de la experiencia, por la naturaleza de esas causas al margen de su potencialidad para provocar efectos sensoriales. La posición de Turró es, por tanto, similar a la de Helmholtz, la validez universal y necesaria del principio de causalidad exterior, remite a la experiencia, pero no puede ser extendido al ámbito de la metafísica.

8. Conclusiones

La cuestión del conocimiento del principio de causalidad exterior supuso un elemento fundamental de confrontación entre las principales corrientes epistemológicas de la segunda mitad del siglo XIX y el principio del siglo XX. En este artículo hemos analizado la teoría de Turró como una rectificación, en un sentido objetivista, del planteamiento de Helmholtz sobre el origen del conocimiento del principio de causalidad exterior.

Hemos defendido, apoyándonos en la interpretación de varios autores, que la teoría de Helmholtz constituye una síntesis entre el planteamiento empirista e idealista. Se ha mostrado que en una primera etapa el trabajo epistemológico de Turró se mueve en las coordenadas del planteamiento de Helmholtz, pero más adelante, a partir de sus investigaciones psicofisiológicas sobre el proceso de alimentación, propone una mayor radicalización objetivista en su investigación epistemológica. Regresando al proceso de conformación de la experiencia trófica, Turró muestra las condiciones objetivas de constitución de ciertos elementos que, en la obra de Helmholtz, se mantenían próximos a la tradición idealista, a saber, el conocimiento del principio causal y su exteriorización a partir de la acción libre. De este modo, hemos expuesto cómo Turró elabora una teoría original acerca del conocimiento del principio de causalidad exterior, planteada en términos puramente objetivistas. Por último, hemos apuntado brevemente algunas cuestiones acerca de la validez del principio de causalidad exterior tanto en la obra de Turró como en la obra de Helmholtz.

9. Bibliografía

- Boring, E. G. (1942). *Sensation and Perception in the History of Experimental Psychology* (Sensación y percepción en la historia de la psicología experimental). D. Appleton-Century Company.
- De Kock, L. (2011). Some Preliminary Considerations on Helmholtz's Fichte: Towards a Naturalized Epistemology of Constraint? *Revista de estudios sobre Fichte*, pp. 1-15.
- De Kock, L. (2014a). *Historical and Systematic Analysis of Hermann von Helmholtz's Psychology of the Object* (tesis doctoral). Universidad de Gante.
- De Kock, L. (2014b). Hermann Von Helmholtz's Empirico-Trascendentalism Reconsidered: Construction and Constitution in Helmholtz's Psychology of the Object. *Science in Context*, pp. 709-744.
- Disalle, R. (2006). Kant, Helmholtz, and the Meaning of Empiricism. En *In The Kantian Legacy in Nineteenth-Century Science* (pp. 123-140). Cambridge: MIT Press.
- Finger, S., & Wade, N. (2001). The Eye as an Optical Instrument: From Camera Obscura to Helmholtz's Perspective. *Perception*, pp. 1157-77.
- Finger, S., & Wade, N. (2002). The Neuroscience of Helmholtz and the theories of Johannes Müller. Part 1. Nerve cell structure, vitalism, and the nerve impulse. *J. Hist Neuroscience*, pp. 136-155.

- Finger, S., & Wade, N. (2002). The Neuroscience of Helmholtz and the theories of Johannes Müller. Part 2: Sensation and Perception. *J Hist Neuroscience*, pp. 234-254.
- Hatfield, G. (1990). *The Natural and the Normative: Theories of Spatial Perception from Kant to Helmholtz*. MIT Press.
- Heidelberger, M. (1993). Force, Law and Experiment. The Evolution of Helmholtz's Philosophy. En *In Hermann von Helmholtz and the Foundations of Nineteenth-Century Science*, (pp. 461-497). Berkeley: University of California Press.
- Helmholtz, H. v. (1853 [1847]). *On the Conservation of Force*. London: Scientific Memoirs.
- Helmholtz, H. v. (1856, 1860, 1867). *Handbuch der physiologischen Optik* 1,2, 3 (Tratado de óptica fisiológica 1,2,3). Leipzig: Leopold Voss.
- Helmholtz, H. v. (1971 [1878]). The Facts of Perception. En *Selected Writings of Hermann von Helmholtz*. Middletown, Connecticut: Wesleyan University Press.
- Hochberg, J. (2007). *In the Mind's Eye*. Edited by Mary Peterson et al. Oxford: Oxford University.
- Lenoir, T. (1993). The Eye as a Mathematician. En *In Hermann von Helmholtz and the Foundations of* (pp. 109-153). Berkeley: University of California Press.
- Meulders, M. (2010). *Helmholtz: From Enlightenment to Neuroscience*. MIT Press.
- Mill, J. (1865). The psychological theory of the belief in an external world. En *In J. S. Mill, An examination of Sir William Hamilton's philosophy and of the principal philosophical questions discussed in his writings*. London: Longman, Green, Longman and Roberts.
- Turró, R. (1921). *Orígenes del conocimiento: el hambre*. Madrid: Atenea.
- Turró, R. (2006 [1908]). Psychologie de l'équilibre du corps humain (Psicología del equilibrio del cuerpo humano). En J. Roca Balasch, & C. Ventura Vall-Llovera, *Textos psicològics/psicològics* (pp. 6-25). Gerona: Documenta Universitaria.
- Turró, R. (2006 [1910]). La intuición sensible según la doctrina escolástica y la percepción óptica según Helmholtz. En J. Roca Balasch, & C. Ventura Vall-llovera, *Textos psicològics/psicològics* (pp. 26-47). Gerona: Documenta Universitaria.
- Turró, R. (2006 [1913]). Orígen de les representacions de l'espai tàctil. En *Textos psicològics/psicològics* (pp. 84-146). Gerona: Documenta Universitaria.
- Westheimer, G. (2008). Was Helmholtz a Bayesian? *Perception*, 37(5), pp. 642-650.