

EXPLICANDO LA PERCEPCIÓN VISUAL DEL ESPACIO: HELMHOLTZ Y LA IMPORTANCIA DE LOS MOVIMIENTOS OCULARES

M^ª PILAR AIVAR RODRÍGUEZ*

*Facultad de Psicología
Universidad de Oviedo*

RESUMEN

Este trabajo analiza la explicación de los movimientos oculares desarrollada por Helmholtz como una aportación fundamental a las discusiones que se dieron, en el ámbito de la psicología alemana postkantiana, en torno a la explicación de la percepción visual de las dimensiones espaciales. Esta discusión teórica es entendida como un paso más en el proceso de "naturalización" del sujeto trascendental kantiano llevado a cabo por la naciente psicología alemana (Sánchez, 1995). El "a priori" trascendental kantiano del espacio como forma que organiza las intuiciones sensoriales enfrenta a estos psicólogos, fisiólogos y epistemólogos con el problema de la explicación de la percepción de los objetos en un espacio organizado. En este contexto, resaltaremos la teoría de los movimientos oculares de Helmholtz como un elemento clave en la comprensión ontogenética de los procesos perceptivos: el espacio es construido a través de procesos de génesis en los que se coordinan el movimiento de los ojos, la estimulación retiniana y los diversos tipos de sensaciones táctiles, sin que sea posible, por tanto, reducir la percepción del espacio al determinismo de la estructura fisiológica.

* La autora es actualmente becaria F.P.I. (referencia AP 10903352) en el Área de Básica de dicha Facultad. Facultad de Psicología. Universidad de Oviedo. Plaza Feijoo s/n. 33003 - Oviedo. tf. 985103279. fax : 98 510 41 44 . e-mail : pdys33@correo.uniovi.es

ABSTRACT

The aim of this paper is to analyse Helmholtz's functional explanation of eye movements. We argue that Helmholtz's theory was crucial in the discussion and research in the field of visual spatial perception into post-Kantian German psychology. We understand Helmholtz's work as an advance in the "naturalization" of Kant's notion of Transcendental Subject (Sánchez, 1995). Against Kant's view of space as a priori (not constructed) form of sensibility, we argue that Helmholtz's theory of eye movements plays a central role in his attempts to provide an ontogenetic understanding of perceptual process: space is empirically constructed through a functional coordination of eye movements, retinal stimulations and various sorts of tactile sensations. Therefore spatial perception can't be reduced to anatomical and physiological structures in a deterministic way.

1. INTRODUCCIÓN: EL PESO DE KANT

El nacimiento de la psicología experimental alemana durante la segunda mitad del siglo XIX está ligado a los planteamientos epistemológicos y metafísicos de Kant (Sánchez, 1995; Fernández, 1995). Los trabajos en esta tradición constituyen un movimiento de naturalización del sujeto trascendental kantiano hacia una definición del mismo "como conjunto de procesos empíricos por los que ese sujeto, no ya trascendental sino natural, se constituye" (Sánchez, 1995).

En este contexto, y ligada a la definición kantiana del espacio (euclidiano) como "a priori" o forma organizadora de las intuiciones sensibles, la explicación de la percepción espacial se convierte en un elemento de fuerte discusión teórica entre fisiólogos, psicólogos y epistemólogos¹. Las aportaciones de Helmholtz en este campo son diversas, pero de gran importancia². De entre ellas analizaremos su explicación de los movimientos oculares, relacionándola con la explicación general que hace de los procesos perceptivos y con el marco global de cuestiones en el que estos trabajos de Helmholtz están inmersos. A la par, desarrollaremos algunas de las razones que llevan a este autor

¹ De esta discusión se derivará la contraposición entre posturas nativistas y empiristas, ampliamente desarrollada en Hatfield, 1990, y también analizada en Sánchez, 1995; entre otros.

² Para una exposición general de los trabajos de Helmholtz en este campo y un análisis de su relevancia histórica, véanse los artículos recogidos en Cahan, 1993.

a enfatizar el establecimiento de *coordinaciones senso-motoras* como la base de la percepción espacial de los objetos.

2. LAS DISCUSIONES EN TORNO A LA PERCEPCIÓN DEL ESPACIO

Durante la segunda mitad del siglo XIX las discusiones teóricas en torno a la explicación de la percepción del espacio se concretan especialmente en el tema de la percepción de la profundidad. Desde el Renacimiento se conocían y usaban las llamadas "claves pictóricas" de profundidad, que se consideraban monoculares (porque "funcionaban" siempre, independientemente del uso de uno o los dos ojos). Sin embargo, cuando Wheatstone inventa el estereoscopio en 1838, la binocularidad de la visión se vuelve un elemento fundamental. Por un lado, las imágenes estereoscópicas producían una sensación de profundidad mucho mayor y más inmediata que las claves monoculares, lo que lleva a considerar la visión binocular como el elemento fundamental en la percepción de la profundidad. Por otro lado, y ligado a esto, se hace ineludible la cuestión de cómo la visión es unitaria a partir de la estimulación dispar dada a las dos retinas.

La teoría aceptada hasta el momento para explicar la visión binocular había sido desarrollada por Johannes Müller entre 1835 y 1840. Para Müller podía entenderse el hecho de que la visión fuera unitaria diferenciando entre puntos correspondientes y no correspondientes en la retina. Si ésta es dividida por dos meridianos perpendiculares entre sí, uno vertical y otro horizontal que se crucen en su centro, es posible definir cada punto en la misma a través de sus coordenadas respecto a los meridianos. Si la estimulación incide sobre puntos de ambas retinas definidos por las mismas coordenadas (es decir, a distancias iguales de los meridianos), no hay diferencias en la imagen que llega a una retina y a la otra, por lo que la estimulación es idéntica y la visión resultante unitaria. Sin embargo, si la estimulación afecta a puntos no correspondientes (es decir, separados de los meridianos por distancias de signo opuesto) entonces la visión resultante es borrosa, y esto es interpretado como la presencia de profundidad. Tomando como referencia un objeto en el que se fijase la vista (un punto de fijación, que genera un determinado ángulo de convergencia entre los ojos), era posible definir el "horóptero", es decir, el conjunto de puntos del espacio que en ese momento dado iban a reflejarse en puntos correspondientes de la retina. Las dimensiones de *profundidad*, entonces, podían estimarse en cada caso (es decir, para los diferentes puntos de fijación) situando a los objetos respecto al horóptero (en él, o fuera de él y sobre puntos no

correspondientes)

Esta Teoría de la Identidad entre Puntos Correspondientes planteada por Müller permitía, a su vez, la consideración de las dimensiones espaciales como elementos *presentes* y ya dados en la organización misma de la retina. Ésta es entendida como un mosaico ordenado de terminaciones nerviosas, cuyo orden se mantiene en las estructuras posteriores hasta el cerebro (quiasma, NGL). Por tanto, la organización de la retina condiciona (a la vez que permite) la percepción general del espacio: la localización de los objetos (su dirección), la visión bidimensional (las relaciones vertical-horizontal) y elementos de profundidad. Müller introduce también los procesos de aprendizaje como elementos necesarios para la percepción de la profundidad, pero sobre esta base de "espacialidad ya dada". Este planteamiento es acorde con el "a priori" establecido por Kant del espacio como forma organizadora de las intuiciones sensibles (la estructura de la retina sería la plasmación orgánica de este "a priori"), y, de hecho, Müller se declara abiertamente kantiano.

Dentro de este planteamiento, desarrolla la teoría de las Energías Específicas: cada tipo de nervio produce sólo *un tipo de respuesta* cuando es estimulado, independientemente del modo concreto en que esta estimulación se dé. Por tanto, lo que se ve en el proceso de la visión no es el mundo exterior. Lo único que conocemos es la actividad de nuestros sistemas sensoriales: para el sensorio la retina es el mundo externo³. Esto lleva a Müller a plantear una teoría perceptiva del *Signo*: en la retina se dan las sensaciones, que tienen ya características espaciales por la estructura dada en la misma, y desde ellas se elaboran las representaciones, que son signos de estas sensaciones y tienen un carácter superior. El influjo kantiano es visible tanto en esta diferenciación entre sensaciones y representaciones (contenido y forma) como en la teoría de las Energías Específicas (conocemos los fenómenos, y no la cosa-en-sí).

Posteriormente volveremos sobre alguna de estas cuestiones. Lo que queremos señalar ahora es que la T^a de la Identidad de los puntos correspondientes de la retina fue asumida por los fisiólogos alemanes hasta los años 1850 como explicación adecuada de la unicidad de la visión y en la comprensión de la percepción de la profundidad. Sin embargo, en estos años fueron desarrollándose elementos que ponían en cuestión

³ "En el acto de ver, sólo la condición de la retina es experimentada y nada más" (Müller, *Handbuch*; tomado de Lenoir, 1993; traducción nuestra).

la identidad como elemento dado, principalmente en dos campos: los resultados obtenidos al analizar la percepción de imágenes en el estereoscopio; y los desarrollos de los oftalmólogos ligados al tratamiento de problemas oculares como la incongruencia retiniana y el estrabismo.

En el primer caso, el cuestionamiento de las tesis de Müller tiene lugar a partir del trabajo de 1838 de Wheatstone con el estereoscopio. En sus trabajos este autor habla encontrado, por un lado, que era posible generar visión unitaria a partir de la estimulación de puntos dispares de la retina, y, por otro, que se podía producir visión "doble" estimulando puntos correspondientes de la retina. Por tanto, concluía, el hecho de que la estimulación sea sobre puntos correspondientes o no no es el elemento determinante en la percepción unitaria de los objetos, y, del mismo modo, no se puede sostener la existencia de una estructura fisiológica determinante que la garantice.

Por el otro lado, autores como Ludwig, Brücke, Du Bois-Reymond, Volkmann, Nagel, Von Graefe, etc. entre 1855 y 1865 cuestionaron de un modo u otro la correspondencia como elemento anatómico ya dado, tanto a través del trabajo experimental como mediante las intervenciones clínicas⁴. Los datos desarrollados en el nuevo campo de la oftalmología gracias al uso del oftalmoscopio (diseñado por Helmholtz) planteaban serias dudas al planteamiento de Müller. Tanto en los casos de estrabismo como en los de incongruencia retiniana, los sujetos presentaban una desviación del globo ocular que hacía que los meridianos geométricos de los ojos no coincidieran. Sin embargo, ninguno de estos sujetos tenía problemas para ver de una forma unitaria, lo cual implicaba el uso de un sistema de puntos correspondientes *diferente* del geométrico y llevaba al problema de cómo este sistema había sido establecido⁵. Por otro lado, hacía imposible asumir una correspondencia ya dada que pudiese asimilarse al "a priori" espacial kantiano.

Uno de los elementos que todos estos autores consideraban más relevante dentro de este problema y también en su práctica oftalmológica era el modo en que los ojos se movían. El interés en el movimiento ocular se plantea ligado a la teoría de los Signos Locales de Lotze. Lotze consideraba que los objetos eran situados en el espacio mediante la coordinación de las distintas sensaciones retinianas que se sucedían

⁴ Véase: Lenoir, 1993, pp. 126-132.

⁵ De hecho, el resultado más sorprendente era el hecho de que las lentes usadas para corregir la divergencia ocular (es decir, para situar los ojos en el sistema de meridianos geométricos) producían imágenes dobles.

ligadas al movimiento de los ojos: además de las sensaciones que afectan a toda la retina (como, por ejemplo, las de color), el movimiento del ojo hace que la estimulación lumínica incida sobre *distintos* puntos retinianos, y esta sucesión estimuladora es la que permite la localización espacial del objeto. Frente a la T^a de la Identidad de Müller, Lotze considera que el sistema de correspondencias ha de ser establecido y que en este proceso juega un papel fundamental el movimiento ocular.

Por tanto, estos autores, y entre ellos, Helmholtz, han de enfrentarse con la explicación del modo en que este movimiento sucede, tanto por su papel en la determinación del sistema concreto de signos locales establecido por el sujeto como para lograr un conocimiento cuantitativo del modo en que los músculos se movían que permitiera una intervención correctora precisa en trastornos como el estrabismo. Desde este ámbito analizaremos las aportaciones de Helmholtz a todas estas discusiones.

3. LA EXPLICACIÓN DE HELMHOLTZ DE LOS MOVIMIENTOS OCULARES

El primer tratamiento que se había realizado de los movimientos oculares había sido de carácter *físico-mecánico*: A. Fick había analizado los movimientos de rotación estableciendo un eje para cada uno de los seis músculos oculares (perpendicular al plano definido por el punto de unión del músculo con el ojo y en centro de este) y elaborando un sistema de ecuaciones que describía el conjunto de fuerzas resultante de la suma de la actividad de los seis músculos para cada posición del ojo. Sin embargo, esta descripción físico-mecánica era insuficiente, ya que una posición determinada podía lograrse con diferentes combinaciones de movimientos.

Wundt intenta completar el modelo de Fick y usa para ello el oftalmómetro (un aparato que reproduce completamente y de modo preciso la actividad de los músculos). Plantea el Principio de la Menor Resistencia: la combinación de actividad muscular adoptada en una posición determinada de los ojos es aquella en la que se reduce al máximo la oposición de los demás músculos. En la elaboración del mismo, Wundt tiene en cuenta las fuerzas de contracción y elasticidad, la oposición entre agonistas y antagonistas y el grado de resistencia ofrecido por elementos externos; y desarrolla las ecuaciones de resistencia de cada músculo y una fórmula que permite estimar los valores que hacen la suma mínima. Incluso relaciona la fórmula resultante con la ecuación que expresa los mínimos cuadrados para el error observacional presente en seis medidas (desarrollada por Gauss) y, por ello mismo, considera que su principio

conjuga dimensiones físicas (las fórmulas de resistencia mecánica) y psicológicas (el que la fórmula sea similar a la usada para realizar correcciones matemáticas le permite entender el ojo como un instrumento matemático que realiza cálculos de probabilidad).

Sin embargo, Helmholtz considera que el Principio de Menor Resistencia de Wundt es principalmente mecánico, y, coherente con su énfasis en el carácter fundamentalmente psicológico de los procesos perceptivos (en el que entraremos más adelante), destaca la existencia de principios de carácter psicológico más decisivos que los físicos o mecánicos. Considera que la *meta primaria (funcional)*, como veremos) del proceso perceptivo es evitar la visión doble, para lo que es necesaria una adecuada fusión de la estimulación en ambas retinas. Y en este proceso es fundamental que los ojos estén bien orientados, por lo que el principio que propone como base para todo movimiento es justamente ese el *Principio de la Orientación más Sencilla*, es decir, entre las múltiples combinaciones musculares compatibles con el principio de Wundt, se elegirá aquella que evite al máximo las variaciones en la orientación de los objetos durante el movimiento del globo ocular.

No vamos a entrar en el desarrollo completo de la explicación de Helmholtz ni en la exposición de los trabajos experimentales que desarrolló para sustentarla (para ello remitimos a los lectores a Lenoir, 1993). Lo que queremos destacar es que este principio se basa en reducir al mínimo un tipo de movimiento, el de rotación en torno al eje visual, similar al giro de una rueda. De los tres movimientos posibles del ojo (arriba-abajo, izquierda-derecha y rotación en torno al eje) sólo este produce cambios en la orientación de los objetos, como puede verse en un análisis óptico del globo ocular en movimiento y se comprobaba que sucedía en experimentos con postimágenes. Evitar este tipo de movimiento cuando el ojo cambia de posición es la mejor manera de *reducir al mínimo las variaciones en la orientación visual de los objetos*. Sin embargo, no todos los cambios de posición del ojo podían darse sin que en alguna medida hubiera rotación en torno al eje visual, por lo que Helmholtz consideraba que estos mínimos de variación eran considerados como un error por el sistema visual y no tenidos en cuenta, lo que garantizaba el mantenimiento de la orientación de los objetos y permitía diferenciar entre los movimientos propios y los del objeto (cualquier cambio en la orientación va a ser resultado de un movimiento del objeto, no propio).

Sin embargo, para Helmholtz ni siquiera este principio es algo ya "dado". El movimiento de los ojos acaba realizándose siguiendo el Principio de la Orientación más Sencilla como resultado de la adquisición del *hábito más efectivo*, y, de hecho, aunque los sujetos adultos no pueden

variar las coordinaciones de movimientos ya establecidas de modo voluntario, hay otras combinaciones anatómicamente posibles, como se comprueba en los ajustes que realizan los sujetos para corregir una separación angular anormal entre las líneas de visión producida mediante lentes.

La cuestión es que Helmholtz lleva hasta el límite la negación de las condiciones "a priori". No hay limitaciones nerviosas ni anatómicas para las combinaciones de movimientos, ni tampoco estructuras dadas que determinen la percepción espacial. El sistema de movimientos ha de ser establecido, y, junto a él y de forma coordinada, el sistema de correspondencias entre los puntos retinianos : como vemos, Helmholtz sigue a Lotze, y desarrolla sus planteamientos un paso más allá.

4. CONCLUSIONES : EL PAPEL DE LOS MOVIMIENTOS EN LA PERCEPCIÓN DEL ESPACIO

Como conclusión de todo lo expuesto queremos destacar, por un lado, la coherencia presente en todo el esquema explicativo de Helmholtz. La percepción del espacio es para Helmholtz de carácter claramente *psicológico* y resultado de la *práctica* y el *entrenamiento*, y esto es patente en sus trabajos sobre todos aquellos elementos ligados a la misma : por ejemplo, Helmholtz considera que el hecho de que exista visión unitaria de los objetos cuando éstos se reflejan en puntos no correspondientes muestra que es necesaria la experiencia (motora, táctil) de la unidad real de los objetos que se ven. En estos planteamientos Helmholtz está desarrollando algunas de las tesis de Herbart : este autor había destacado la importancia de los procesos de coordinación senso-motora y también entre las diferentes modalidades sensoriales en la construcción de la percepción espacial (las dimensiones espaciales necesitaban ser construidas de modo independiente por los diferentes sentidos y coordinadas después entre sí).

El concepto de Inferencia Inconsciente de Helmholtz es la plasmación teórica general (para todo el ámbito perceptivo, pero generalizable a cualquier actividad psicológica) del modo en que estos procesos son llevados a cabo : la coordinación de los diferentes movimientos y sensaciones acaba produciendo, por la práctica y mediante procesos de ensayo y error, el establecimiento de sistemas de disposiciones para actuar, que son más o menos fuertes en función de su utilidad, y que acaban funcionando como las inferencias lógicas, es decir, se hacen *necesarias* y dejan de ser conscientes. La elección del término no es casual : son inferencias porque en todas y cada una de ellas está pre-

sente el ejercicio de un *juicio*, similar al que se realiza en cualquier operación de las que se consideran de carácter "superior"; y es su constitución como hábito la que las hace inconscientes (aunque no por ello "básicas" o "inferiores").

De nuevo coincidiendo con Herbart, Helmholtz considera que las percepciones son *representaciones o hipótesis* construidas por la mente (a través de la Inferencia Inconsciente) para organizar del modo *más eficiente* la secuencia temporal de estimulación sensorial. Estas representaciones no son copias del mundo, sino que hacen referencia a las coordinaciones que se han establecido, son *Signos* del mundo, una adaptación que nunca llega a ser cerrada o completa de nuestras leyes de pensamiento a las leyes de la naturaleza⁶.

Por otro lado, consideramos que los distintos momentos que hemos ido señalando en el proceso histórico de explicación de la percepción del espacio pueden ser entendidos como un reconocimiento progresivo de la importancia de las dimensiones operatorias en la explicación de la percepción. Desde el planteamiento de Müller (ligado a las tesis kantianas), en el que las estructuras fisiológicas determinan desde el principio los modos en los que tiene lugar la percepción del espacio; hasta la explicación de Helmholtz de los movimientos oculares y de todo el proceso perceptivo general, pasando por las tesis de Lotze, Herbart y Wundt; podemos ver cómo el desarrollo histórico y conceptual lleva a una transformación empírica del sujeto kantiano, con un énfasis cada vez mayor en su actividad operatoria y constructora del mundo y en la importancia de los procesos de desarrollo ontogenético. A nuestro modo de ver, la Inferencia Inconsciente de Helmholtz es una propuesta teórica que intenta explicar cómo los nuevos elementos de la experiencia son asimilados a los ya establecidos, pero considerando también, frente a Kant, que tal esquema de asimilación ha sido a su vez construido. De este modo, podemos dibujar una línea de evolución histórica que une estos elementos de naturalización del sujeto kantiano con la vía establecida por Darwin, y que nos lleva hasta el planteamiento explícito de Baldwin, con

⁶ "Así pues, aun cuando nuestras sensaciones en su cualidad sólo son *signos* cuya naturaleza particular depende por completo de nuestra organización, no por ello deben ser rechazadas como apariencia vacía, sino que justamente son signos de algo, (...) y lo más importante es que nos copian la ley de lo que ocurre." (Helmholtz, *Die Tatsachen in der Wahrnehmung*; tomado de Moulines, 1993).

el concepto de Reacción Circular, de una explicación de los modos en los que la función está transformándose, generando hábitos construidos que sirven de marco o estructura para asimilar las nuevas experiencias (Sánchez, 1995).

BIBLIOGRAFÍA

- Cahan, D. (1993)(Ed.) *Hermann von Helmholtz and the foundations of nineteenth-century science*. Berkeley, University of California Press.
- Fernández, T.R. (1995) *Kant y la historia del Sujeto: un esbozo biográfico*. Comunicación presentada al VIII Simposium de la Sociedad Española de Historia de la Psicología. Palma de Mallorca, 27-29 de abril.
- Hatfield, G. (1990). *The natural and the normative : Theories of Spatial perception from Kant to Helmholtz*. Cambridge, The MIT Press.
- Lenoir, T. (1993). "The eye as Mathematician : Clinical practice, instrumentation and Helmholtz's construction of an Empirical Theory of Vision." En : Cahan, D. (Ed.) *Hermann von Helmholtz and the foundations of nineteenth-century science*. Berkeley, University of California Press.
- Moulines, C.U. (1993). "La percepción en Herman Von Helmholtz" en : Quiñones, E. ; Tortosa, F. y Carpintero, H. (Dirs.) *Historia de la Psicología, textos y comentarios*. Madrid, Tecnos.
- Sánchez, J.C. (1995). *La génesis de la Intuición. Helmholtz y la naturalización del Sujeto Trascendental Kantiano*. Comunicación presentada al VIII Symposium de la Sociedad Española de Historia de la Psicología. Palma de Mallorca, 27-29 de abril.
- Steven Turner, R. (1993). "Consensus and controversy : Helmholtz on the visual perception of space". En : Cahan, D. (Ed.) *Hermann von Helmholtz and the foundations of nineteenth-century science*. Berkeley, University of California Press.