

LA INTERPRETACION GESTALTISTA DE UN DESCUBRIMIENTO FISICO: RECONSTRUCCION PSICOLOGICA FRENTE A RECONSTRUCCION HISTORICA

LLAUGER, J.
PEREZ, A.C.
PEREZ, A.
GABUCIO, F.

Dep. de Psicología Básica
UNIVERSIDAD DE BARCELONA

Introducción

No es frecuente que los psicólogos se preocupen de contribuir con sus propias herramientas teóricas al estudio y la explicación de la historia de la ciencia. Hay, sin embargo, algunas notorias excepciones a esa regla. Quizá uno de los trabajos psicológicos más conocidos sobre un episodio relevante de la historia de la ciencia es el estudio realizado por Gruber (1984) sobre el proceso de pensamiento de Darwin acerca de la evolución. Pero, junto a éste, habría que señalar algunos otros. Piaget y García (1982) han estudiado los paralelismos existentes entre psicogénesis e historia de la ciencia, a fin de averiguar si los mecanismos de transición de un período histórico al siguiente son análogos a los mecanismos de transición de un estadio genético a otro posterior. En el marco de la psicología cognitiva, De Mey (1980, 1982) se ha servido de un modelo de percepción para explicar el descubrimiento de Harvey de la circulación sanguínea; y Kulkarni y Simon (1988) han elaborado un programa de ordenador que simula el proceso de descubrimiento de Krebs del ciclo de la urea. A ese conjunto de propuestas recientes es preciso agregar las interpretaciones psicológicas que, de modo pionero, hizo Max Wertheimer en su "Productive Thinking" (1945) acerca de otros varios descubrimientos científicos y que serán nuestro foco de interés.

Muy probablemente, todo este conjunto de trabajos pertenecen al ámbito de la psichistoria, o rozan sus fronteras, aunque se diferencien, por presupuestos teóricos y por objetivos, del tipo de investigaciones que suelen clasificarse bajo ese rótulo (Pinillos, 1988; Binion, 1986). Además, todos ellos tienen en común el referirse a un apartado especial de lo que puede comprender esa perspectiva fronteriza entre la historia y la psicología: se trata de psichistoria de la ciencia o de la actividad científica.

Aquí vamos a ocuparnos exclusivamente de una de las interpretaciones psichistóricas de Wertheimer (1945), la que concierne al descubrimiento de Galileo del principio de inercia horizontal. Pero antes de definir de manera más precisa nuestras pretensiones es necesario hacer algunas consideraciones que enmarquen el significado de la propuesta teórica de Wertheimer.

En su obra "Productive Thinking" (1945), Wertheimer expone y analiza una serie de casos en los que se pone de manifiesto un tipo de pensamiento creativo, innovador y resolutivo de problemas. El abanico de casos es relativamente amplio y variado. Va desde problemas de geometría planteados a escolares, hasta problemas surgidos en situaciones interpersonales. Además se dedican algunos capítulos a otros tantos casos de creatividad científica. Wertheimer (1945) presenta, en tres capítulos distintos, el descubrimiento de un teorema aritmético por parte de Gauss, el proceso de descubrimiento del principio de inercia horizontal por parte de Galileo, y el proceso de pensamiento que llevó a Einstein a la formulación de la teoría de la relatividad. De estos tres casos, el único que, como aproximación psicológica a un proceso de descubri-

miento científico, ha suscitado un interés particularizado por parte de los historiadores de la ciencia ha sido el de Einstein y la teoría de la relatividad. Las razones de parecen claras: Wertheimer fue amigo personal de Einstein y la reconstrucción psicológica que hace de ese proceso se basa en las conversaciones que mantuvo con el propio Einstein, en 1916, acerca del proceso de pensamiento que había llevado al gran físico al descubrimiento de la relatividad de la simultaneidad (Miller, 1975) (1). Por tanto, el análisis de Wertheimer (1945) constituye un testimonio de notable interés para el estudio histórico de la génesis de la teoría de la relatividad (2).

En los casos de Gauss y de Galileo, la reconstrucción que hace Wertheimer es "meramente" psicológica y se presenta a modo de hipótesis. Wertheimer afirma que la historia de Galileo que cuenta "es, en ciertos aspectos, simplemente una hipótesis psicológica que no reclama corrección histórica..." (op. cit. pp. 206). Lo cual no debe querer decir, se supone, que Wertheimer prescindiera completamente del conocimiento histórico que sobre aquellos acontecimientos se poseía en su momento (3). Esa afirmación de Wertheimer se puede entender de dos maneras distintas, aunque no incompatibles. Puede ser una forma de no verse obligado a detallar en su descripción todo un sinfín de datos y consideraciones propiamente históricas, lo que le permitiría concentrarse en los aspectos del proceso que más le interesan (4). O puede ser reflejo del hecho de que la única pretensión de Wertheimer es la de ilustrar su propia teoría del pensamiento productivo. Y para ello no precisa comprometerse más allá de un nivel aproximativo, buscando una eficacia persuasiva más que una fidelidad a la historia. En cualquier caso, su hipótesis psicológica invita a una contrastación histórica.

Eso es lo que nos proponemos: contrastar la reconstrucción psicológica que hace Wertheimer de ese proceso con algunas de las versiones históricas de los mismos acontecimientos. Nuestro objetivo primario es someter a prueba la verosimilitud histórica de una hipótesis psicológica.

Desde luego, la obra y la figura de Galileo han sido objeto de abundante y continuado estudio. Por lo tanto, y aparte de los escritos del propio Galileo, existe una bibliografía amplísima sobre el curso y el significado histórico de sus investigaciones. Dado el carácter exploratorio y tentativo de este trabajo, nos atenderemos únicamente a algunas fuentes secundarias. En concreto, nos hemos servido de dos obras de reconocido prestigio en el ámbito de la historia de la ciencia, aunque cada una de ellas presente un enfoque algo distinto de la cuestión que nos ocupa. Una es la biografía de Galileo escrita por S. Drake (1986; orig. de 1980). La otra, más antigua, es la "Historia de la ciencia: De San Agustín a Galileo" de A. C. Crombie (1979; orig. de 1959). Estas son las fuentes precisas en las que buscaremos alguna evidencia de interés con respecto a la explicación de Wertheimer ni uno ni otro autor menciona la propuesta de explicación psicológica de Wertheimer.

A modo de precedente, nos interesa el resultado obtenido por Miller (1975) al enjuiciar la precisión histórica de la reconstrucción realizada por el fundador de la Gestalt sobre la teoría de la relatividad. Miller (1975) se ha ocupado, como historiador de la ciencia, de la reconstrucción de Wertheimer del proceso de pensamiento de Einstein y, más en general, de la relevancia de las teorías psicológicas para la comprensión de la historia de la ciencia (1987). La comparación del análisis psicológico de Wertheimer con la evidencia histórica disponible acerca de la génesis de la teoría de la relatividad le ha llevado a la siguiente conclusión: el relato de Wertheimer "no es una explicación histórica sino una 'reconstrucción' del pensamiento de Einstein de acuerdo con la teoría del pensamiento de la Gestalt" (1975, pp. 78). Esto implica que "para ajustar este episodio en la estructura de la teoría del pensamiento de la Gestalt (...), Wertheimer tuvo que reformar el desarrollo histórico (1975, pp. 91) (5).

Según Miller (op. cit.), por tanto la explicación de Wertheimer acerca de ese proceso no satisface plenamente los conocimientos históricos disponibles sobre el

mismo. Sin embargo, conviene tener presente que el trabajo de Miller (op. cit.) no es el único que ha tomado en consideración la teoría psicológica de la Gestalt para explicar algún aspecto de la historia de la ciencia. La teoría de la Gestalt ha tenido también una notable influencia en algunos de los autores principales de lo que se ha dado en llamar "nueva filosofía de la ciencia" (Brown, 1984). Tanto Hanson (1985) como Kuhn (1979) se han servido de nociones gestaltistas para explicar ciertos aspectos de la dinámica de la investigación científica. Aquí resaltaremos únicamente el caso de Kuhn (1979). Kuhn (1979), en una obra que, como es sabido, ha llegado a ser enormemente influyente, se ha servido del concepto de cambio de Gestalt para explicar lo que son las revoluciones científicas. En el capítulo 10 de "La estructura de las revoluciones científicas" se analizan "Las revoluciones como cambios del concepto de mundo" Y ahí se propone, explícita y reiteradamente, que un cambio histórico de paradigma científico debe entenderse, en última instancia, como un cambio de Gestalt. Estos constituyen los "prototipos elementales para esas transformaciones del mundo científico" (op. cit. pp. 176) (6). Por tanto, en manos del filósofo de la ciencia, la teoría de la Gestalt es útil no sólo para explicar psicológicamente algunos descubrimientos científicos como había hecho Wertheimer (1945), sino que adquiere una dimensión nueva y mucho más amplia, en la medida en que se convierte en "prototipo elemental" de un fenómeno de primera magnitud en la historia de la ciencia, como son las revoluciones científicas.

Conviene señalar también que, entre los casos históricos que maneja Kuhn en ese capítulo para ilustrar el concepto de revolución científica figura, precisamente, el del estudio del péndulo por parte de Galileo. El historiador de la física afirma que "los péndulos comenzaron a existir gracias a algo muy similar al cambio de forma (Gestalt) provocado por un paradigma" (op. cit. pp. 189) (7).

Entonces, ¿resulta históricamente verosímil la reconstrucción psicológica de Wertheimer sobre el proceso de pensamiento de Galileo?. ¿Puede hallarse en la versión de los historiadores alguna evidencia decisiva para evaluar la propuesta teórica de Wertheimer? Y como una pregunta más de fondo, ¿puede contrastarse históricamente una teoría psicológica?

Presentaremos en primer lugar un breve resumen de algunas de las ideas principales y objetivos perseguidos por Wertheimer en su "Productive Thinking" A continuación recogeremos la explicación psichistórica de Wertheimer acerca del descubrimiento de Galileo. Posteriormente informaremos, de manera esquemática, de algunas de las consideraciones que surgen cuando se confrontan las tesis psicológicas del fundador de la Gestalt con las versiones históricas de los mismos acontecimientos. Por último, intentaremos establecer a partir de todo ello una conclusión

La tesis del "Pensamiento Productivo"

El concepto de pensamiento productivo es presentado por Wertheimer (1945) como propuesta alternativa a las dos líneas tradicionales desde las que, según él, se ha enfocado el estudio del pensamiento: la lógica y la asociacionista. Considera que ambos enfoques son limitados y excesivamente generales en sus formulaciones, por lo que decide plantear la cuestión del pensamiento en "términos concretos", es decir, enfrentándose a la resolución de problemas específicos y reales.

La crítica de la perspectiva lógica la centra tanto en su vertiente deductiva como inductiva. La crítica de la perspectiva asociacionista se dirige a la presuposición de que toda explicación de un proceso resolutivo se retrotrae a la experiencia anterior: el proceso de pensamiento es concebido como un encadenamiento de ideas asociadas en base a la ley de la contigüidad.

En lo que respecta al pensamiento productivo, se constata que su esencia radica en la capacidad para congeniar de forma integrada múltiples conocimientos, técnicas, conceptos., etc. procedentes de diferentes fuentes y tradiciones, articulán-

dolos estructural y creativamente en dirección a un fin. Los aspectos más sobresalientes del concepto de proceso productivo son las ideas de "totalidad" y "pregnancia". La primera se refiere a la estructura interna del conjunto, no necesariamente integrada por todos y cada uno de los elementos que lo forman. La totalidad es más que el todo en cuanto a comprensión y significado, y menos que el todo en cuanto a número de elementos y relaciones tomados en consideración. El principio de pregnancia, armonía o coherencia estructural se erige en el eje central de todo proceso resolutivo. Tendemos a concebir las estructuras como regidas por un mismo principio en todas sus partes, de modo que resulte la configuración más simple posible en las condiciones dadas. De este modo, el proceso resolutivo no se limita a la consecución de un cuadro global y consistente, sino que también exige la comprensión de los requisitos que la estructura hallada impone a sus partes.

En palabras de Wertheimer: "...: cuando se capta una situación, sus características y requisitos estructurales le configuran cierto empuje, tirantez, tensión al sujeto. En el pensamiento real sucede que estas tensiones y empujes se completan, los vectores son llevados hacia una mejora de la situación, cambiándola en acorde a ella. Es un estado de los hechos sostenido por un lado por las fuerzas inherentes como buena estructura en la cual los requisitos mutuos existe una armonía en los requisitos mutuos, y en el cual las partes se encuentran determinadas por la estructura del todo, del mismo modo como el todo lo esta respecto las partes."

El descubrimiento del principio de inercia horizontal según Wertheimer.

En su exposición Wertheimer (1945, pp. 205-212) distingue tres etapas diferenciadas del proceso de descubrimiento seguido por Galileo.

1) La situación inicial de la que parte Galileo se conceptualiza en tres puntos:

a) Los cuerpos pesados tienden a caer hacia su lugar de origen, la tierra. Se trata de la concepción tradicional (aristotélica) del movimiento natural de los cuerpos.

b) Si empujamos un cuerpo (por ejemplo, una bola) sobre una superficie horizontal, se moverá durante un tiempo y posteriormente se detendrá o existe una relación entre la cantidad de fuerza con la que lo hemos empujado y el tiempo que tarda en pararse. Este es el significado de la "vis impressa" dentro del sistema aristotélico.

c) Hay otros factores que se pueden considerar cuando estudiamos el movimiento: tamaño del móvil, obstáculos, superficie...

Según Wertheimer, a Galileo no le satisfacía esta explicación y se preguntaba: "¿Sabemos realmente como suceden estos movimientos?" (op. cit. pp. 206). Sintiendo el deseo de responder a esta pregunta, Galileo considera que la velocidad de un cuerpo que cae es mayor a mayor distancia recorrida.

De esta forma, la aceleración se convierte en el punto de mira de Galileo en su intento de explicar la caída libre. Pero al no poder estudiarla directamente, refocaliza el problema y considera la caída libre dentro de una nueva estructura, la del movimiento de un cuerpo que cae por una superficie inclinada. Así, Wertheimer encuentra que existe un aumento o disminución de la aceleración relacionado con el grado de inclinación del ángulo de caída.

CAIDA DE LOS GRAVES

disminución del ángulo = disminución de la aceleración.

2) El cuadro, la nueva estructura, se completa si consideramos el caso de empujar una esfera hacia arriba, "la otra parte simétrica de la imagen que repite, como el reflejo en un espejo, la imagen de la que ya disponemos..." (op. cit. pp. 208).

ASCENSO

disminución de la aceleración (negativa)

DESCENSO

disminución de la aceleración (positiva)

De esta forma, se llega a un cuadro "completo" ampliándose el marco del problema con la inclusión de una nueva estructura simétrica y complementaria a la ya existente. En los dos casos existe la misma relación (principio estructural) entre ángulo y aceleración.

3) Pero, ¿qué sucede? A pesar de la aparente completud de esta última configuración, emerge un punto de tensión, un "vacío" ¿Qué sucede en el plano horizontal? En palabras de Wertheimer: "¿Qué debe suceder consistentemente con esta estructura?" La aceleración positiva y la aceleración negativa decrecen progresivamente desde los noventa grados hacia la horizontal: de esta forma "si un cuerpo se mueve horizontalmente en un dirección dada, se continuará moviendo a velocidad constante para toda la eternidad, siempre que una fuerza externa no actúe sobre él" (op. cit. pp. 209).

Este último paso es imprescindible para la consistencia de la estructura.

ASCENSO: disminución de la aceleración

INERCIA: aceleración constante

DESCENSO: disminución de la aceleración

De esta forma, el movimiento propio del plano horizontal (ausencia de aceleración) debe definirse necesariamente como uniforme, afirmándose el carácter constante del mismo en ausencia de otra fuerza que lo obstaculice.

Este último paso se opone a la concepción del movimiento que implica la "vis impressa" y contradice de forma flagrante la experiencia cotidiana. El reposo caracterizado por la ausencia de aceleración positiva o negativa pasa a conceptualizarse como estructuralmente equivalente al movimiento uniforme.

Según Wertheimer, las partes esenciales de este proceso (que caracteriza el pensamiento productivo) serían:

El deseo de clarificar qué sucede cuando un cuerpo asciende o desciende, si existe un principio inherente a estos fenómenos. Al focalizar su estudio en la aceleración, Galileo diseña experimentos que le llevarán a una clarificación estructural. Cada uno de los casos considerados posee su lugar dentro del grupo (estructura) y su significación está en función de ese lugar y su relación con la estructura global.

El punto crítico de la estructura lo origina el movimiento horizontal.

Según el principio estructural que rige (dinámicamente) todo el cuadro: este punto debe aparecer como estructuralmente equivalente a la ausencia de aceleración.

Sin negar la existencia de operaciones lógicas tradicionales (inferencia, inducción, formulación de teoremas...), según Wertheimer éstas se sitúan "en su seno en el proceso global" (pp. 211).

El paso de la primera a la segunda perspectiva implica un cambio radical en la significación de los conceptos que atañen al movimiento. Así:

La finalización del movimiento ya no es considerada como el resultado de la desaparición de una fuerza que actúa sobre el cuerpo ("vis impressa"). Ahora el cuerpo se detiene por la fricción (rozamiento).

El rozamiento pasa de ser un factor más a tener en cuenta (como tamaño del cuerpo, superficie sobre la que se desliza, etc.) en relación al movimiento, a ocupar un rol central en la nueva estructura como opuesto a la inercia, y pasa a ser la causa fundamental de la extinción del movimiento rectilíneo.

Tal como lo expresa Wertheimer (op. cit. pp. 212), "todo adquiere su nuevo significado en virtud de su rol y función en la nueva estructura"

Wertheimer lo expresa, resumidamente, de este modo: "con el deseo de llegar a una comprensión real, [...] comienza la investigación. Una cierta región del campo de-

viene crucial [...] pero no de forma aislada. Se desarrolla un nuevo enfoque estructural de la situación, provocando cambios en su significado funcional [...]. Dirigidos por los requisitos estructurales de la situación llegamos a una predicción, la cual exige verificación... directa o indirecta". Y añade: "dos caminos se hallan involucrados: llegar a una imagen del todo consistente y darse cuenta de los requisitos de la estructura como un todo de las partes". (Ver esquema siguiente).

1.- Estructura: **ESQUEMA ARISTOTELICO**

Movimientos extraterrestres

Reposo: (primer motor: Dios)

Movimiento circular: (esferas,
los planetas en su quintaesencia)

2.- Estructura: **ESQUEMA DE GALILEO (criterio de aceleración)**

Ausencia de aceleración

Movimiento horizontal
uniforme (no lo generaliza)

Reposo

Movimientos terrestres

Naturales: verticales

Violentos: horizontales
oblicuos

Presencia de aceleración

Movimiento positivamente acelerado

Movimiento negativamente acelerado

Versión histórica y versión psicológica del descubrimiento de Galileo

En los estudios consultados sobre Galileo cabe señalar algunas discrepancias entre las versiones de Drake (1986) y Crombie (1979) que dan lugar a diferencias en la descripción de un mismo concepto. En este punto hay que tener en cuenta la distinta fecha de publicación de las fuentes consultadas, con lo cual se hace difícil enmarcar con seguridad algunos de los acontecimientos referidos.

La exposición de los historiadores difiere en dos puntos:

A) Hay falta de acuerdo entre los estudiosos sobre si Galileo elaboró su hipótesis de la ley del movimiento uniformemente acelerado, partiendo directa o indirectamente de los análisis matemáticos llevados a cabo por autores medievales (siglo XIV).

B) Hasta qué punto Galileo se acoge a la teoría del *ímpetus* tal como fue elaborada y empleada por Jean Buridan, representante de la Ciencia Escolástica del siglo XIV, y cuál es el grado de relación que su definición y medida del "momento" guarda con la noción medieval del *ímpetus*. Pero al margen de estas discrepancias, las versiones de Drake y Crombie no difieren en otros aspectos significativos.

A continuación sintetizaremos en una serie de puntos aquellas cuestiones que aparecen como más relevantes cuando se compara la explicación psicológica con las ofrecidas por los historiadores. Naturalmente, no desarrollaremos con detalle cada aspecto histórico mencionado (para lo que remitimos a los textos consultados), sino que nos limitaremos a poner de manifiesto los aparentes acuerdos y los posibles puntos de fricción entre la reconstrucción psicológica y las históricas.

1.- Cuestión de la relevancia histórica

Hay que empezar notando que la elección del caso de Galileo por parte de Wertheimer como ejemplo de proceso verdaderamente productivo parece avalada por la consideración que, desde un punto de vista histórico, se presta a aquellos acontecimientos. Crombie (op. cit. pág. 125), al referirse a los mismos, no duda en afirmar lo siguiente: "La Revolución de la dinámica en el siglo XVII fue producida por la sustitución del concepto de inercia, esto es, que el movimiento rectilíneo uniforme es meramente un estado de un cuerpo y es equivalente al reposo, en vez del concepto aristotélico del movimiento como un proceso de devenir que requería para su permanencia una causa eficiente continua".

Naturalmente, no cabe atribuir a Wertheimer gran mérito en la elección del caso, ya que éste ha representado tradicionalmente un importante hito en la historia de las

ciencias. La cuestión es si la explicación psicológica que propone halla el mismo soporte histórico que la selección del caso (8).

Por otra parte, el significado básico de los conceptos del movimiento con los que Wertheimer describe la situación anterior y posterior a los trabajos de Galileo coincide con los que señalan los historiadores. No parece que pueda de cirse en este caso como afirmaba Miller (1975) de la reconstrucción de la teoría de la relatividad que Wertheimer no poseyera un conocimiento suficiente de la materia de la que se ocupaba.

2. Márgenes temporales

El proceso de pensamiento que permitió a Galileo acceder al principio de inercia horizontal fue muy dilatado en el tiempo. Según Drake (1980), el interés de aquél por los problemas relacionados con el movimiento y la caída libre se remontan a los primeros años de Universidad. Ya por aquél entonces (aproximadamente 1582-3) Galileo se cuestionaba la relación funcional entre peso y velocidad de caída de un cuerpo. Desde la publicación de sus primeras obras "Tratado sobre el movimiento", en 1586, y "De motu", en 1590, en las que todavía aceptaba la teoría de la vis impressa, hasta la publicación de la demostración de la ley de la caída de los graves, tuvo lugar un largo proceso de experimentación y reconceptualización. En 1602 realizó numerosos trabajos prácticos que le permitieron descubrir los primeros teoremas concretos sobre el movimiento en planos inclinados, derivados de los viejos e incorrectos supuestos de "De Motu", y diseñó el experimento del péndulo. Entre 1602 y 1603 resolvió numerosos problemas relativos a planos inclinados y empezó a estudiar la aceleración. Es en este momento -según Drake- cuando abandonó la teoría del impetus. La formulación de la ley de la caída de los graves no tuvo lugar hasta 1604, año en que Galileo propuso erróneamente la existencia de una relación funcional entre velocidad y distancia (carta a Paolo Sarpi). La demostración tuvo lugar aproximadamente en 1608-9 y su publicación se retrasó hasta 1632 en su "Diálogo sobre los dos sistemas principales del mundo".

En la exposición que hace Wertheimer del proceso, el hecho de prescindir de la dimensión temporal del mismo, permite conferirle una direccionalidad que, a nuestro parecer, no es totalmente fiel a la realidad histórica.

3.-Antecedentes y estado inicial de la cuestión.

Al describir el punto de partida del proceso de pensamiento de Galileo, Wertheimer hace mención explícita de la teoría de la vis impressa, parte importante de la filosofía de la naturaleza aristotélica. Sin embargo, no hace mención de ninguno de los otros muchos conocimientos que dominaban el panorama científico de la época, y que tuvieron que ejercer algún influjo en la investigación de Galileo: el método de Ockham, Arquímedes y Euclides; la teoría del ímpetus; las mediciones de los astrónomos; el método científico de los filósofos escolásticos de Oxford y Padua...

En lo que respecta al estado inicial de la cuestión, es posible poner en duda la interpretación que hace Wertheimer del papel que los conceptos de inercia y rozamiento juegan en el proceso de pensamiento de Galileo.

Según Crombie, ya en la obra "De Motu" (1590) "se presiente el concepto de inercia [...], en su estudio de una esfera rodando por un plano horizontal infinito [...] eliminó, por implicación, la necesidad de una fuerza motriz continua para mantener la velocidad" (op.cit. pp 139-140). Sin embargo, según Wertheimer, la conceptualización del movimiento uniforme como movimiento propio del plano horizontal sólo tiene lugar como resultado final del proceso de investigación.

Las fuentes consultadas informan de que el concepto de rozamiento, como factor causante de la disminución de la velocidad, ya había sido considerado antes de identificar el movimiento uniforme como propio del plano horizontal. En 1590 -en "De

Motu"- ya se alude al papel fundamental de dicho factor, al señalar la importancia del medio y del material de un objeto que cae, "ya que en el vacío no habría rozamiento" (Crombie 1959, pp 138). Así mismo, en 1602, Galileo, ante la refutación de una hipótesis que había comunicado a un amigo suyo (Guidobaldo del Monte), aventura la explicación de que la causa del incumplimiento de sus predicciones radica en "la desigualdad del material empleado y en el rozamiento" (Drake 1980, pp 56). Sin embargo, Wertheimer no hace mención del rozamiento hasta que lo considera un factor fundamental en la consecución del estado de reposo, como resultado de la transformación conceptual. Lo anteriormente comentado permite cuestionar la irrelevancia inicial del concepto de rozamiento.

Podría argumentarse que las nociones de inercia y rozamiento solo existían inicialmente como anticipaciones y que fueron perfilándose y delimitándose progresivamente a medida que avanzaba el proceso resolutivo.

No obstante, habría sido preciso mencionar los antecedentes de los mismos en la explicación de dicho proceso, en vez de presentarlos como claras consecuencias del mismo.

4. Errores no mencionados.

Las versiones históricas que hemos recogido coinciden en la consideración de un error cometido por Galileo en 1604 (carta a Paolo Sarpi) según el cual la velocidad de caída era proporcional al tiempo (Crombie 1959, pp. 138) o proporcional al espacio (Drake 1980, pp 59). El mismo Galileo, según sostienen los dos historiadores se dió cuenta más tarde (3 años según Drake, 5 según Crombie) de su error y lo rectificaría definitivamente relacionando la velocidad de caída con el cuadrado de las distancias recorridas. La relevancia de los posibles errores, suposiciones refutadas, etc... es un factor que en todo caso no aparece recogido en la versión de Wertheimer.

5. Preocupación epistemológica.

La trayectoria intelectual de Galileo estuvo marcada por una profunda preocupación epistemológica, que se pone de manifiesto en las reflexiones explícitas sobre cuestiones metodológicas que salpican tanto sus obras como sus comunicaciones personales (vg. "Il Saggiatore" y "Dos sistemas principales...").

Según Crombie (pág 129): "el método de abstracción de Galileo era explícitamente una adaptación del método hipotético de Arquímedes y Euclides"; de esta forma el enfoque metodológico de Ockham y estos dos últimos filósofos influyó sobre el que se conoce como método resolutivo compositivo, consistente en "excluir las condiciones irrelevantes de forma que un fenómeno pueda ser estudiado en sus relaciones cuantitativas más simples y sólo después reintroducir los factores excluidos en el experimento" (Crombie 1959, pág.. 129). Esta preocupación metodológica de Galileo no aparece en la exposición de Wertheimer y, sin embargo, es reconocida en las dos fuentes comentadas. Crombie afirma que Galileo "insistió... en la necesidad de hacer mediciones sistemáticas, exactas, de forma que pudiera descubrir regularidades de los fenómenos cuantitativamente y estas pudieran ser expresadas matemáticamente" (Crombie 1959, pág.. 128).

Drake expresa en repetidas ocasiones el énfasis que puso Galileo en el estudio de los fenómenos, en oposición a las sustancias, con el fin de detectar propiedades, en oposición a esencias, y formular leyes, en oposición a causas. Este planteamiento obedece a la preocupación que siempre tuvo Galileo por marcar los límites entre filosofía y ciencia.

6.- La teoría del ímpetus.

A grandes rasgos, la explicación de Wertheimer puede resumirse como la desarticulación de una estructura inicial, identificada con el enfoque dinámico aristotélico y su sustitución por una segunda estructura enfoque cinemático. El proceso de pensamiento de Galileo consistiría en la transición de una a otra, transición en la que

no se contempla explícitamente el influjo de factores externos que permitieron avanzar hacia la nueva estructura.

Sin embargo -según las fuentes consultadas- entre la 1ª y la 2ª estructura se intercaló un largo intervalo de investigación y discusión teórica en torno al concepto de ímpetus y sus derivaciones. Es difícil precisar cuál fue el papel que jugó la teoría del ímpetus en el proceso de pensamiento de Galileo, pero lo que parece indudable es que jugó, efectivamente, un papel, no contemplado en la exposición de Wertheimer. Según Drake (1980) "la noción de ímpetus en el pensamiento de Galileo fue rápidamente sustituida por la simple conservación del movimiento" (op cit. pág. 36). Así mismo, afirma que Galileo abandonó la teoría del ímpetus en 1603, precisamente cuando empezó a estudiar con más profundidad el fenómeno de la aceleración. Sin embargo, Crombie (1959) concede una gran importancia a la noción de ímpetus en el marco del descubrimiento de Galileo de la ley de la caída de los graves. De hecho, la plantea como la alternativa inicial a la antigua teoría de la vis impressa y como primer paso hacia la formulación del principio de inercia horizontal: "Galileo había llegado a un principio de inercia incompleto como una deducción del principio de conservación del momento apoyado por un razonamiento físico" (op cit. pág. 145).

Consideramos que el hecho de no contemplar el influjo de la teoría del ímpetus en el proceso que permitió acceder al enfoque cinemático del movimiento, no refleja con la suficiente fidelidad la realidad histórica del mismo.

7.- Relaciones científicas y entorno cultural.

Uno de los aspectos más sobresalientes de la vida de Galileo Galilei es sin duda la cantidad y calidad de sus contactos científicos. Galileo fue un dinamizador cultural y científico que dejó huella en cada uno de los entornos culturales donde vivió (sobretudo Pisa y Padua). Sus relaciones fueron muy amplias. Incluían importantes figuras eclesíásticas como los cardenales Bellarmino y Barberini, a Cósimo Medici (duque de Toscana) y a Kepler (con el que Galileo sostuvo una larga correspondencia), entre otros.

Es difícil determinar qué influencia pudieron tener estos contactos en la evolución de las ideas de Galileo sobre el movimiento, pero parece probable que en los numerosos debates científicos en los que sabemos que participó debieron surgir los problemas relacionados con el movimiento que preocuparon a Galileo.

A pesar de la imposibilidad de valorar objetivamente este intercambio de ideas y discusiones, es importante subrayar su existencia y su posible papel en la génesis de nuevos problemas, enfoques y soluciones con los que se enfrentaba Galileo. Desde la perspectiva explicativa de Wertheimer la posible influencia de todo este cúmulo de intercambio de información no es ni tan sólo nombrada, quizás olvidando un factor que pudiera ser de cierta importancia en el desarrollo de las ideas galileanas sobre el movimiento.

8.- Experimentación y medición.

Hay un aspecto que es secundario, o más bien subsidiario, para Wertheimer y en cambio resulta primordial para los historiadores. Wertheimer no pretendía con sus conceptos teóricos eliminar del lenguaje explicativo operaciones como la deducción, la inducción o la experimentación, ni en general ni en el caso de Galileo. Lo que ocurre es que las consideraba dependientes de los principios estructurales que rigen el proceso global.

Desde un punto de vista histórico, sin embargo, la experimentación, asociada a la abstracción matemática, jugó un papel crucial en los descubrimientos de Galileo sobre el movimiento. Según Crombie (op. cit. pp. 129), "el uso que hizo Galileo del método de la abstracción matemática le permitió establecer firmemente la técnica de investigar un fenómeno por medio de experimentos bien diseñados..." Por otra parte,

unido a la experimentación y a la matematización hay otro aspecto del trabajo de Galileo que tanto Crombie como Drake colocan en un lugar de honor: la medición. Con respecto a la medición de las regularidades observadas, que Wertheimer no menciona siquiera en su reconstrucción, afirma Drake lo siguiente: "...de lo que no cabe duda es de que la fuente de los descubrimientos galileanos sobre el movimiento ha de buscarse en las mediciones precisas" (op. cit. pp. 61). La experimentación, la búsqueda de causas próximas, la medición y la expresión de las regularidades observadas en términos de una abstracción matemática son, para los historiadores consultados, los factores principales de la revolución científica propiciada por Galileo, en cuyo centro figura la investigación sobre el movimiento. Pero para Wertheimer son solo, como decíamos, aspectos subsidiarios o dependientes con respecto al proceso global.

Conclusión

Teníamos planteadas una serie de preguntas a las que ahora debemos dar respuesta. En primer lugar hay que decir que, a la luz de la información histórica sobre el descubrimiento de Galileo, la reconstrucción psicológica de Wertheimer no parece inverosímil. No obstante, en los historiadores consultados no hemos podido encontrar una evidencia que resulte decisiva, ni en contra ni, ciertamente, a favor de la versión psicológica. De hecho, cuando se comparan entre sí uno y otro tipo de explicación -la psicológica y la histórica-, lo primero que se pone de manifiesto es la dificultad misma de la comparación. Wertheimer prescinde de múltiples aspectos que desde el punto de vista histórico resultan primordiales. Pero tampoco puede decirse que la versión psicológica comience exactamente donde terminan las históricas. Tanto Drake (op. cit.) como Crombie (op. cit.) incorporan en sus descripciones elementos explicativos de orden psicológico, aunque sea tácitamente y de pasada (Nota 9).

De lo que no cabe duda es de que la explicación de Wertheimer es sumamente sintética comparada con la narración histórica. Esto se entiende, en primer lugar, porque lo que Wertheimer presenta es una teoría psicológica que pretende dar cuenta de ciertos aspectos del pensamiento productivo. El análisis del caso que hace Wertheimer no está desligado de unos conceptos teóricos generales, aplicables potencialmente (y aplicados en otros capítulos del libro) a otros muchos casos. En ese sentido coincidimos con Miller (1975) cuando, en relación a la génesis de la teoría de la relatividad, concluye que la exposición de Wertheimer es, ante todo, expresión de la teoría gestaltista del pensamiento. A eso habría que añadir que una de las intenciones básicas del "Productive Thinking" es la de promover una cierta orientación educativa que enfatice la comprensión por encima de cualquier otra cosa.

Pero hay otra razón añadida por la que la reconstrucción de Wertheimer resulta tan sintética. Wertheimer sólo se ocupa de lo que considera esencial en el proceso de descubrimiento; se interesa sólo por la producción de la novedad conceptual. Así que un rasgo sobresaliente de su explicación es el carácter sumamente selectivo que tiene incluidos los problemas que elige. En su afán por ir a lo esencial - cosa que repite frecuentemente-, Wertheimer se interesa únicamente por los aspectos productivos y comprensivos en los momentos que son también productivos y comprensivos. Y por lo tanto deja en un segundo plano, o ignora completamente, otros múltiples aspectos del trabajo de Galileo: los conceptos teóricos que no cuadran bien ni con la estructura inicial ni con la final, las rectificaciones del propio Galileo, el papel de los experimentos, la importancia de la medición, la preocupación epistemológica, las influencias intelectuales, las teorías ya existentes.

Contrastar una hipótesis psichistórica como la de Wertheimer presenta grandes dificultades que son comunes, probablemente, a la propia dificultad del enfoque psichistórico (Pinillos, 1988). No obstante, debería tenerse presente que Wertheimer (1945), en lo que respecta a las pretensiones explicativas de la psichistoria hizo un

trabajo pionero al ocuparse en su obra psicológica de casos reales de la historia de la ciencia, aunque muy posiblemente lo hiciera sin proponérselo.

Notas

(1) Hay que señalar, no obstante, que no existe un registro escrito de esas conversaciones, y que Wertheimer escribió su análisis más de dos décadas después de mantener esas entrevistas con Einstein (Miller, 1975).

(2) Según Miller (1975), son varios los historiadores que han empleado la reconstrucción psicológica de Wertheimer como un material de primer orden para sus reconstrucciones históricas, aunque no siempre hayan sido fieles al sentido teórico que el propio Wertheimer daba al proceso.

(3) Wertheimer cita una serie de estudios históricos al respecto, entre los que destacan los "Etudes Galiléennes" de A. Koyré.

(4) Wertheimer afirma: "No intentaré aquí una reconstrucción histórica. Esto requeriría una discusión completa de mucho material de las fuentes y no soy un historiador. Además, el material histórico impreso no sería suficiente para el psicólogo, que está interesado en las características del proceso de desarrollo del pensamiento que habitualmente no se ponen por escrito" (op. cit. pp. 206).

(5) De manera más precisa, Miller (1975) considera que de los 10 actos en los que Wertheimer divide el proceso, sólo los tres primeros se ajustan razonablemente bien a la evidencia histórica, y que una de las principales fallas del análisis del fundador de la Gestalt radica en que "sobreenfatizó el papel del experimento de Michelson-Morley" (op. cit. pp. 91).

(6) Desde luego que el "cambio de Gestalt", al funcionar como "prototipo elemental" de la revolución científica, no agota, ni mucho menos, todos los sentidos en que Kuhn maneja este último concepto. Kuhn emplea y explota una metáfora política - la "revolución" - para explicar las transformaciones científicas, y da una dimensión sociológica a éstas que el "cambio de Gestalt" no tiene. Sin embargo, es patente a lo largo de todo ese capítulo que el "cambio de Gestalt" ocupa un lugar nuclear en su explicación que, además, no funciona como mera metáfora sugeridora, sino como factor de explicación psicológica de los cambios de paradigma.

(7) En este punto será útil recoger de una manera algo más extensa, aunque no de forma completa, la cita de Kuhn (1982, pp. 187-8): "Desde la Antigüedad más remota, la mayoría de las personas han visto algún objeto pesado balanceándose al extremo de una cuerda o cadena, hasta que finalmente queda en reposo. Para los aristotélicos [...] el cuerpo que se balanceaba simplemente estaba cayendo con dificultad. Sujeto a la cadena solo podía quedar en reposo después de un movimiento tortuoso y de un tiempo considerable. Galileo, por otra parte, al observar el cuerpo que se balanceaba, vio un péndulo, un cuerpo que casi lograba repetir el mismo movimiento, una y otra vez hasta el infinito. Y después de ver esto, Galileo observó también otras propiedades y construyó muchas de las partes de la nueva dinámica de acuerdo con estas propiedades. Por ejemplo, de las propiedades del péndulo Galileo dedujo sus únicos argumentos completos y exactos para la independencia del peso y del índice de caída, así como también para la relación entre el peso vertical y la velocidad final de los movimientos descendentes sobre un plano inclinado. Todos esos fenómenos naturales los vio diferentemente de como habían sido vistos antes."

(8) Resulta curioso comprobar que Wertheimer ya había mencionado en 1920 (Wertheimer 1920), como ejemplos del pensamiento científico productivo, los mismos tres casos de los que habría de ocuparse en su obra de 1945.

(9) Crombie (op. cit.) en la descripción de las investigaciones llevadas a cabo por Galileo afirma (pp. 134): "La intuición intelectual, la abstracción y el análisis mate-

mático descubrían las posibilidades hipotéticas; el experimento se hacia indispensable para eliminar las falsas hipótesis entre ellas y para identificar y verificar las verdaderas. Una hipótesis verificada de ese modo era una auténtica visión intuitiva de los detalles de la estructura real del mundo físico". Más adelante (pp. 139) vuelve a afirmar: "Fue precisamente porque llegó a percibir la ley de aceleración y el teorema del espacio dentro de la estructura teórica generada por el nuevo concepto de movimiento de inercia por lo que se convirtieron en los fundamentos de la dinámica clásica."

Referencias bibliográficas

- Binion, R. (1986). Introducción a la psicohistoria. México: F.C.E.
- Brown, H. I. (1984). La nueva filosofía de la ciencia. Madrid: Tecnos.
- Crombie, A. C. (1979). Historia de la ciencia: De San Agustín a Galileo. Madrid: Alianza. (original de 1959).
- De Mey, M. (1980). The interaction between theory and data in science. En K.D. Knorr, R. Krohn and R. Whitley (eds.), *The Social Process of Scientific Investigation. Sociology of the Sciences*, vol. IV. Dordrecht: D. Reidel Publishing Co.
- De Mey, M. (1982). *The cognitive paradigm*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Co.
- Drake, S. (1986). Galileo. Madrid: Alianza (orig. de 1980)
- Gruber, H. (1984). Darwin sobre el hombre. Un estudio psicológico de la creatividad científica. Madrid: Alianza.
- Hanson, N. R. (1985). Patrones de descubrimiento. Observación y explicación. Madrid: Alianza (orig. de 1971).
- Kuhn, T. S. (1979). La estructura de las revoluciones científicas. México: F.C.E. (orig. de 1962).
- Kulkarni, D. and Simon, H. A. (1988). The process of scientific discovery. The strategy of experimentation. *Cognitive Science*, 12, 139-175.
- Miller, A.I. (1975). Albert Einstein and Max Wertheimer; A Gestalt Psychologist's view of the Genesis of Special Relativity. *History of Science*, 75-103.
- Miller, A.I. (1987). *Imagery in Scientific Thought*. Cambridge: M.I.T. Press.
- Praget, J. y García R. (1982). *Psicogénesis e historia de la ciencia*. México: Siglo XXI
- Pinillos, J. L. (1988). *Psicología y Psicohistoria*. Valencia: Servicio de Publicaciones Universitat de Valencia
- Wertheimer, M. (1920). *Fber Schlussprezesse im produktiven Denken*. Berlin: De Gruyter (Traducido en J.A. Delval (comp.), *Investigaciones sobre lógica y psicología*. Madrid: Alianza, 1977
- Wertheimer, M. (1982). *Productive Thinking*. Chicago: University of Chicago Press (orig. de 1945).