

NOTAS SOBRE CONOCIMIENTO INARTICULADO, EXPERIMENTACION Y TRADUCCION†

(Notes on translation, experiment, and unarticulated knowledge)

Jed Z. BUCHWALD*

* Division of Humanities and Social Sciences, California Institute of Technology, Pasadena, CA 91125, USA.

BIBLID [0495-4548 (2002) 17: 44; p. 243-263]

RESUMEN: Los debates científicos suelen verse obstaculizados por graves dificultades para comunicar y traducir los respectivos planteamientos. Este conocido hecho muestra el papel del conocimiento nuclear inarticulado en las actividades de las comunidades científicas. Mas apenas se ha advertido que la cuestión afecta no sólo a los escritos científicos, sino particularmente a las tradiciones de actividad experimental y sus productos, incluyendo instrumentos y técnicas. Nuestra discusión se basará en ejemplos de la historia de la óptica y el electromagnetismo -Fresnel y Brewster, Maxwell y Hertz- y textos de *La estructura* de Kuhn. Prestamos especial atención a las interrelaciones entre teorías sucesivas, y al notorio problema de la elección de teorías.

Descriptores: práctica experimental, física del siglo XIX, conocimiento inarticulado, traducción.

ABSTRACT: *Debate among scientists is frequently hampered by intense difficulties in communicating and translating their viewpoints. This well-known fact illustrates the role of unarticulated core knowledge in the activities of scientific communities. But it has been little noticed that the issue affects not just written science, but especially traditions of experimental activity and their products, including instruments and techniques. The question is addressed on the basis of examples from the history of optics and electromagnetism -Fresnel and Brewster, Maxwell and Hertz- and texts from Kuhn's Structure. Particular attention is paid to interrelations between succeeding theories, and to the notorious problem of theory-choice.*

Keywords: *experimental practice, nineteenth century physics, unarticulated knowledge, translation.*

Las ciencias vivas no se dejan encerrar en generalizaciones exactas y definiciones. El intento de capturar un cuerpo de conocimiento vibrante en una estructura lógica precisa produce un tipo de información acerca de aquél muy similar a la que la disección de cadáveres nos da sobre la conducta animal: muchas cosas que dependen de la actividad se pierden. Cuando sucede tal cosa, lo que es frecuente, o bien la ciencia está bien muerta y sólo resulta de interés a unas pocas personas en los márgenes de la disciplina ac-

tiva, o bien se ha transformado en un artefacto técnico y ha sido trasplantada a un departamento de ingeniería. Podríamos decir que la axiomática y las definiciones son los mausoleos lógicos de la física. Esto tiene sus consecuencias para la experimentación: si la ciencia viva no puede ser codificada, entonces los experimentadores que trabajan en las fronteras no tendrán a su disposición, generalmente, ninguna teoría del tipo adecuado para emplearla en su trabajo. Y para el tiempo en que tal teoría se congela hasta tomar forma, el interés experimental se dirige ya a otra parte.

Muchas de las dificultades señaladas a lo largo de los años respecto al célebre libro de Thomas Kuhn y a términos como 'paradigma' -no sólo por sus críticos sino también por el propio autor- son, al menos en parte, reflexiones oblicuas de dificultades similares para codificar los temas de ese tipo de discusiones. Si ya resulta difícil aprisionar los esquemas científicos fértiles en axiomas y definiciones, parece razonable que las afirmaciones acerca de tales esquemas resulten igualmente difíciles de codificar. Los comentaristas han hablado del estilo 'cuasi poético' de Kuhn, que algunos lectores encuentran confundente y aún irritante. Dada la naturaleza de su tema, no era fácil que hubiera resultado de otro modo. Desde este punto de vista, el siguiente pasaje de la Estructura de Kuhn parece particularmente significativo:

Según avanza el estudiante desde los cursos introductorios hasta culminar su tesis doctoral, los problemas que le son adjudicados se van haciendo más complejos y con menos precedentes. Pero siguen estando modelados según logros previos, como lo están los problemas que normalmente le ocuparán durante su posterior carrera científica independiente. Uno es libre de suponer que en algún momento del camino el científico ha abstraído intuitivamente, para sí mismo, *reglas del juego*, pero no hay muchas razones para creer en ello. Aunque muchos científicos hablan con facilidad y corrección de las distintas hipótesis particulares que subyacen a un fragmento concreto de investigación en curso, no son mucho mejores que los legos en caracterizar las bases establecidas de su campo, sus problemas y sus métodos legítimos. En caso de que hayan aprendido en absoluto tales abstracciones, lo demuestran ante todo en su habilidad para realizar investigación exitosa. Sin embargo, esa habilidad puede ser comprendida sin recurrir a hipotéticas reglas del juego (Kuhn 1970, p. 47; cursivas añadidas).¹

Las "hipotéticas reglas de juego" a las que Kuhn se refiere van mucho más allá de la noción de una teoría codificada -esto es, una que es o puede ser presentada mediante definiciones explícitas y axiomas-, pero la incluyen.

Las concepciones subyacentes rara vez salen a la luz, aun en el caso de que dos grupos entren en conflicto directo entre sí. Esta afirmación es bastante impactante, pues a fin de cuentas existe amplia evidencia de una buena cantidad de discusiones muy reñidas a lo largo de la historia de la ciencia. El

ascenso de la teoría ondulatoria de la luz es particularmente famoso a este respecto, ya que sus partidarios discutieron a voz en grito con quienes se adherían a la vieja óptica, y viceversa. Sin embargo, siempre resulta importante prestar atención cuidadosa al asunto del que de hecho trataban los argumentos. En general no tratan del tipo de cosas que hemos venido mencionando. Las discusiones podían tener que ver con cuestiones físicas (¿era el éter un fundamento físico mejor que las partículas de luz?), o con la complejidad analítica (¿eran las integrales de Fresnel menos aceptables, en tanto aparato primario, que las ecuaciones del movimiento de partículas?), o con la integridad deductiva (¿tenía el partidario de las ondas o de las partículas que manipular mucho los principios físicos básicos para llegar a dónde quería?), o con los objetivos adecuados al tema en cuestión (por ejemplo, ¿era importante suministrar fórmulas para la intensidad óptica en situaciones que no daban pie, en aquel tiempo, a esperanzas de medir tales cosas?).

Las discusiones de este tipo pueden en principio no resultar problemáticas a los participantes, ya que los temas, aún siendo difíciles o aún confusivos, pueden parecerles claros y directos. Por ejemplo, fue posible examinar con todo detalle los diversos postulados físicos de la óptica de partículas, y criticar su estructura por no adherirse a ellos de modo consistente; esto es precisamente lo que hizo Fresnel. Inversamente, se podía argüir que los principios físicos que subyacen a la estructura del éter no podían soportar el peso que las matemáticas de Fresnel les imponían, cosa que fue señalada con frecuencia incluso por los primeros científicos ondulatoristas (quienes, sin embargo, lo emplearon para establecer una tradición de investigación sobre la estructura del éter, no para cuestionar los principios ondulatorios). En ambos casos, los términos de la discusión parecían, al menos inicialmente, estar bastante bien definidos, en parte porque los principios físicos involucrados por ambas partes eran bastante similares entre sí (el éter reticulado de Fresnel estaba compuesto de partículas que interactuaban unas con otras de manera muy similar a como las partículas de la teoría de emisión interactuaban con la materia). Aún así, pese a esa claridad comparativa, Fresnel no logró convencer a mucha gente de cambiar sus creencias ópticas, ni las críticas a la mecánica del éter resultaron devastadoras para los primeros partidarios de las ondas. La razón de ello es que ninguna de las críticas podía acercarse mucho al verdadero núcleo de su objetivo, un núcleo que en ambos casos estaba incorporado poderosamente en modelos físicos, pero que sin embargo podía sobrevivir a mutaciones extremas de dichos modelos. En los raros casos en que los argumentos alcanzaron el nú-

cleo, inevitablemente resultaron sumamente problemáticos, y desembocaron en la cólera o la exasperación, o en algún caso en intentos de mezclar lo inmiscible.

La demarcación entre el núcleo inarticulado y los argumentos explícitos, que derivan buena parte de su fuerza de él, difícilmente puede ser especificada de forma rígida ya que el propio núcleo no puede serlo. Pero la evidencia histórica indica que sí permanece lo bastante rígido como para que la huella del núcleo sea discernible, incluso en el caso de que las estructuras explícitas evolucionen marcadamente. Esto sucede en todos los tipos de análisis de la ciencia, desde el más abstracto al más concreto. Vale para los argumentos en papel, separados de las particularidades del experimento, y vale también para la vida en el laboratorio. Con todo, hay una diferencia en los modos como el núcleo inarticulado funciona en cada extremo. En los argumentos sobre el papel, el núcleo moldea un lenguaje abstracto que parece estar divorciado de las instrumentalidades materiales, mientras que en el trabajo de laboratorio el núcleo moldea algo que tiene que ver directamente con lo instrumental. Al dar forma a la alta teoría, el núcleo opera sobre algo que -aún resultando mucho más rígido- es de su misma índole. En el laboratorio, el núcleo funciona también de este modo, pero a la vez funciona de una manera diferente, ya que da forma a objetos -dispositivos de laboratorio- que no existen sólo sobre el papel.

Sin duda hay innumerables casos en los que una teoría explícita guía fuertemente el trabajo experimental, un trabajo en el que los aparatos mismos reflejan directamente estructuras teóricas precisas. Sin embargo, este tipo de casos ocurren ante todo, y quizá solo, dentro de una tradición bien establecida pero inarticulada. Porque está tan bien establecida, puede resultar sumamente difícil desentrañar dicha tradición de las estructuras explícitas incorporadas en el experimento. Mucho más significativos a tal fin son los experimentos emprendidos antes de que la tradición implícita se estabilizara, y por tanto antes de que fuera embutida bajo un recubrimiento de conceptos explícitos y aparatos concretos, que dependen de ella pero que también tienden a esconderla. El laboratorio de Hermann von Helmholtz en Berlín, en los años 1870 y primeros 1880, ofrece un ejemplo llamativo de tradición poderosa pero en gran medida inarticulada.

A fines de los 1860 Helmholtz desarrolló un nuevo modo de pensar sobre las interacciones físicas, que difería no sólo de creencias contemporáneas entre los físicos alemanes, sino también de los diversos estilos en la física británica. Muchos físicos alemanes, particularmente aquellos que habían sido formados por Wilhelm Weber o por sus estudiantes o asistentes,

distinguían nítidamente la teoría del experimento. Para ellos, los objetos de la teoría trascendían necesariamente la experiencia de laboratorio, y las relaciones entre dichos objetos tenían lugar entre cosas que, según pensaban, no podían ser manipuladas directamente. Helmholtz y el grupo de asistentes, visitantes y estudiantes que se formó en Berlín en los años 1870 y primeros 1880 no hacían ninguna distinción así en su práctica, aunque rara vez, si alguna, trajeron a la superficie su concepción. Para ellos, los objetos de la teoría y los objetos del experimento eran, o al menos debían ser, uno y el mismo. Esta diferencia entre los weberianos y los helmholtzianos -como llamaré a los dos grupos- tiene raíces que se hunden en cuestiones ideológicas, sociales y de organización de aquel tiempo, pero aquí quiero centrarme en las maneras en que la diferencia se revelaba en el laboratorio.

La esencia del novedoso y en buena medida inarticulado estilo de física de Helmholtz, expresada con cierta rudeza, consiste en el supuesto de que las interacciones entre objetos están determinadas sólo por dos cosas: primero, los estados de los objetos en un instante dado y, segundo, la distancia entre ellos en el mismo momento. Dichos estados son algo que básicamente no se considera reducible a nada más; son cualidades de los objetos a las que se puede asignar valores numéricos (como un estado de carga o un estado de conducción o un estado de tensión). Según Helmholtz y su grupo, una interacción particular viene representada por lo que se llama una función potencial, que expresa la energía almacenada en el sistema bipartito formado por los objetos en estados particulares a una distancia dada uno de otro. Esto determina el aparato matemático que los helmholtzianos utilizaban. Para averiguar qué tipo de fuerzas ocurren, la función potencial debe ser perturbada un poco, o en términos analíticos debe ser variada. Por consiguiente, las técnicas variacionales estaban en el corazón del helmholtzianismo, hecho que tiene importantes implicaciones para la vida del laboratorio en aquel ambiente. Traducido a técnicas de laboratorio, el aparato variacional sugería que su análogo instrumental debía o bien tener características cambiantes en el tiempo, o bien poseer partes que cambiaran sus posiciones mutuas. En cualquier caso, el instrumental no podía ser estático, si bien los cambios podían ser extremadamente pequeños. Durante los años 1870, el laboratorio de Berlín se centró en investigar efectos novedosos que dependieran de cambios en el estado de carga de un objeto. El instrumental empleado (en particular corrientes oscilantes y generadores electrostáticos) no fue dispuesto de esta manera en ningún otro lugar.

Apenas es una exageración decir que el núcleo inarticulado del helmholtzianismo sugería modos de confeccionar aparatos para descubrir. De

acuerdo con este núcleo, nada se oponía a la existencia de estados de objetos y energías de interacción hasta entonces desconocidos, cuyos efectos sólo podían ser descubiertos estimulando cambios en los estados y configuraciones instrumentales. El objetivo de la investigación era precisamente descubrir nuevos estados y energías de interacción por medio de manipulaciones de laboratorio junto con técnicas variacionales. No era posible conocer a priori estas cosas. Por dicha razón, el helmholtzianismo era, o parecía ser, la apoteosis del empirismo, una concepción que convertía el laboratorio en el *locus* esencial del conocimiento y la creatividad científica. El núcleo del helmholtzianismo no era un plano para calcular, sino un esquema para experimentar.

Los experimentos realizados en el laboratorio de Berlín no tuvieron éxito en la obtención de efectos novedosos. Helmholtz hizo que los realizaran con gran cuidado y varias veces. A su tiempo, los repetidos fracasos en el laboratorio le convencieron de que algo no estaba bien. ¿Qué hizo? ¿Prescindió del potencial y de toda la nueva física que representaba? En absoluto. Por primera vez se volvió hacia la teoría, al conocimiento explícito y articulado. Hasta que se convenció de que los experimentos habían fracasado (lo que llevó algún tiempo, ya que los hizo refinar y repetir) Helmholtz había mantenido el laboratorio incontaminado de teoría, pues a sus ojos el potencial mismo no era verdaderamente teórico. Podía acomodar varias teorías asignando valores particulares a la constante arbitraria que contenía la función potencial, pero estaba y permaneció convencido de que el potencial no daba lugar a sospechas. Pues abandonar el potencial significaba abandonar también la galaxia de concepciones inarticuladas acerca de objetos, estados, energías, e incluso acerca de otras muchas cosas, incluyendo la teleología, el idealismo, y aun quizá la política, que eran centrales para su manera de pensar.² Así, el fracaso en el laboratorio tenía que ser transformado en evidencia positiva y no negativa, y la única manera de hacer esto era introducir teoría, esto es, añadir algo más. Ese algo más fue el altamente articulado y explícito éter electromagnético, que Helmholtz (aunque no ayudantes suyos como Eugen Goldstein) había mantenido a distancia previamente, precisamente porque no era fácil conectarlo con el núcleo implícito del helmholtzianismo. Con el éter, Helmholtz podía de manera plausible -aunque apenas definitiva, pues surgía todo un mundo de problemas técnicos y conceptuales- transformar el fracaso en éxito. Esto ocurría poco antes de que un joven ambicioso pero obstinado, Heinrich Hertz, llegase a Berlín en 1878.

Consideremos las implicaciones de estos sucesos para la distinción entre conocimiento implícito y explícito, y para su aparición en el laboratorio. Una vez realizados, los experimentos de Berlín podían ser comprendidos sin recurrir directamente a la estructura inarticulada de la física helmholtziana. Centrándose solamente en la función potencial, uno podía ver primero cómo conducía a ciertas fuerzas, y podía entender también cómo los distintos experimentos las contrastaban. Hasta aquí no había nada comparativamente problemático. Con todo, el diseño particular de los experimentos, el empleo de instrumental no familiar de modos nuevos y extraños, se hundía profundamente en el núcleo inarticulado. Dado sólo el potencial, la ruta hacia experimentos apropiados a duras penas estaba bien iluminada. Pero dada la comprensión nuclear de que las interacciones dependían de variaciones en los estados de objetos o en las distancias, fácilmente se conciben diseños experimentales de un cierto tipo común. Se puede expresar (burdamente) del siguiente modo. Los experimentos de interés para los helmholtzianos requieren que las cosas se muevan, al menos un ápice, o que cambien sus estados. Mira a tu alrededor, sugería el núcleo del helmholtzianismo, en busca de aparatos que hagan el truco y mira si interaccionan unos con otros. Si tienes problemas en la obtención de efectos, más vale que mires a la teoría buscando dónde te has equivocado. Así pues, la teoría era el recurso inevitable del helmholtzianismo frente a instrumentos recalitrantes. Apenas puede sorprender que el foco de los trabajos subsiguientes de los helmholtzianos tendiera a ser el éter polar, la teoría, más que el potencial o el aparato inarticulado que yacía bajo ella.

El laboratorio de Helmholtz en los años 1870 era, pues, el lugar de intentos de estabilizar el núcleo inarticulado del helmholtzianismo. En esos años los experimentadores de Berlín intentaban encontrar maneras de obtener efectos íntimamente ligados a los preceptos helmholtzianos generales a través de propiedades particulares del potencial electrodinámico. No sería correcto pensar en su actividad como un intento, en ningún sentido, de someter a prueba esos preceptos. Lejos de ello, los preceptos mismos apenas fueron expresados, y mucho menos cuestionados. Lo más fructífero es pensar en los experimentos de Berlín como intentos de solidificar el helmholtzianismo en objetos de laboratorio. Para ello había que construir nuevos aparatos, y había que utilizar los viejos de modos nuevos. Los investigadores eran muy conscientes de que el comportamiento que buscaban estaba en los límites de sus habilidades técnicas, pero con el tiempo refinaron su instrumental de modos que, según estaban convencidos, podían producir señales significativas. Si hubieran tenido éxito en esta búsqueda, el

helmholtzianismo hubiera quedado plasmado directamente en lo concreto. Con ello habría sido estabilizado, en el sentido de que las investigaciones futuras lo hubieran podido dar por sentado enteramente. Pero los experimentos no lograron producir la estabilización, con el resultado de que el propio Helmholtz tuvo que insertar en los fundamentos implícitos de la estructura el concepto, explícito pero difícil, del éter polar.

Se podría decir -empleando la terminología original de Kuhn- que el fracaso del helmholtzianismo en lograr estabilidad significa que nunca llegó a superar el estado "preparadigmático". Era coherente, y ciertamente podía inducir a investigaciones de un tipo especial, pero como nadie logró obtener efectos que parecieran depender únicamente de él, el helmholtzianismo no se tornó en una actividad de investigación del tipo que fue, por ejemplo, el maxwellianismo. Existió una comunidad de físicos helmholtzianos, cuyos miembros tenían una manera especial de aproximarse a los fenómenos, pero la comunidad nunca generó un conjunto de problemas canónicos que de un modo claro infundiera estructura a través del ejemplo, y que sugiriera nuevas rutas de investigación. Claramente la necesidad de incorporar el problemático éter polar en el entramado vició su coherencia. Tales desarrollos son sin duda únicos y característicos, pero aún así sugieren que la diferencia entre la subestructura inarticulada mantenida por una disciplina y la superestructura expresa puede resultar especialmente importante para comprender la capacidad de generar resultados propia de la disciplina. Tanto el caso del helmholtzianismo, como los de la física maxwelliana y la óptica a principios del siglo diecinueve, sugieren que la distinción entre sub y superestructura debe ser muy clara para que se dé un progreso.

En la década de 1810, la óptica francesa era una disciplina extremadamente progresiva, generando nuevos temas de investigación que los científicos lograban llevar adelante en el laboratorio, en buena parte debido a que la frontera entre la subestructura implícita -que trataba la luz como un conjunto de rayos discretos- y la superestructura explícita -que trataba la luz como partículas gobernadas por fuerzas- se mantuvo con bastante insistencia. Cuando la frontera comenzó a oscilar, quedó abierto un camino a la crítica. Y la teoría de campos británica de finales del siglo XIX derivó su considerable vigor empírico de una distinción elaboradamente orquestada entre el comportamiento del campo y las propiedades del éter. Comenzó a desintegrarse sólo cuando un nuevo autor -Joseph Larmor- intentó juntar ambas cosas de modos novedosos.³

En ambos casos, los argumentos empíricos constituyeron factores muy fuertes, y en realidad centrales, en el proceso de desintegración, pero no porque los efectos de laboratorio estuvieran en aquel momento en claro conflicto con nada. Lo que sucedió fue mucho más complicado que eso. Alguien que era comparativamente extraño a la investigación normal en la disciplina -Fresnel en la óptica y Larmor en la electrodinámica, respectivamente- consideró importantes ciertas dificultades que los investigadores en activo no habían considerado, y las hizo explícitas. Todas estas dificultades tenían que ver con intermediarios forzados entre dos áreas que se habían mantenido bastante separadas. Ello no tenía necesariamente que haber desestabilizado las tradiciones de investigación, pero lo hizo en ambos casos, en parte porque tanto Fresnel como Larmor lograron adquirir poderosos aliados, que estaban directamente involucrados en el desarrollo de la investigación pero que aún así guardaban alguna distancia social o intelectual respecto al mismo -George FitzGerald y Oliver Lodge en el caso de Larmor-, o bien estaban en posiciones de influencia pero tenían fuertes razones para desear desestabilizar la tradición -François Arago en el caso de Fresnel-. En otros términos, estas dos tradiciones de investigación se desintegraron como resultado de presiones externas que encontraron aplicación a puntos débiles internos.

La distinción entre el conocimiento inarticulado y el explícito plantea la cuestión tan debatida de la *traducción* entre teorías. Es al nivel de la estructura inarticulada que surge cierta propensión a realizar intentos de traducción que fracasen ostentosamente, pues puede parecer que los conceptos aquí son separables de su contexto particular precisamente porque dicho contexto no es explícito. Hace tres décadas Kuhn hizo los siguientes comentarios en un nuevo *post-scriptum* a la *Estructura*:

Expresado brevemente, lo que pueden hacer los participantes en una quiebra de comunicación es reconocerse unos a otros como miembros de comunidades lingüísticas diferentes, y convertirse en traductores. Tomando como objeto de estudio las diferencias entre su propio discurso intergrupal e intragrupal, pueden intentar primero descubrir los términos y las locuciones que, empleados de modo no problemático dentro de cada comunidad, son sin embargo focos de problemas en la discusión intergrupal. (...) Habiendo aislado tales áreas de dificultad en la comunicación científica, pueden a continuación recurrir a sus vocabularios cotidianos compartidos y hacer un esfuerzo para aclarar más sus problemas. Esto es, cada uno puede *intentar* descubrir lo que el otro vería y diría al presentársele un estímulo frente al que su propia respuesta verbal sería diferente. Si logran guardarse lo suficiente de explicar la conducta anómala como una consecuencia de meros errores o de locura, *puede que con el tiempo se hagan muy buenos predictores de la conducta del otro*. Cada cual habrá aprendido a traducir la teoría del otro, y sus consecuencias, a su propio lenguaje, y simultáneamente a describir el mundo al que dicha teoría se

aplica. Esto es lo que hace habitualmente (o debería hacer) el historiador de la ciencia, al vérselas con teorías científicas anticuadas (Kuhn 1970a, p. 202; cursivas añadidas).⁴

La palabra y la frase que hemos subrayado en este pasaje son particularmente importantes porque, según creo, este tipo de incursión efectiva en un vocabulario y una gramática ajenos rara vez ocurren entre los científicos creativos en activo. Consideremos un caso en el que precisamente se hizo un tal intento.

Un electrodinamista alemán de finales del XIX, Heinrich Hertz, luchó intensamente con la biblia de la teoría de campos, el *Treatise* de James Clerk Maxwell (Maxwell 1873). Pese a realizar sus mejores esfuerzos, simplemente fue incapaz de dar un sentido consistente a los comentarios de Maxwell acerca de las cargas. Los comentarios de Hertz en la introducción a sus *Ondas Eléctricas* son ciertamente una confesión de fracaso en comprender a Maxwell, pero son más que eso. Tomados en su contexto, reflejan también su fracaso en el intento de traducir el lenguaje de Maxwell a su propio lenguaje o, como podríamos decir, en coordinar el núcleo inarticulado del esquema maxwelliano con el núcleo inarticulado del de Helmholtz. Aún así, Hertz estaba convencido de que lo dicho por Maxwell tenía un sentido consistente: sabía que algo se le estaba escapando, pero simplemente no podía imaginar qué era. Escribió:

Si leemos las explicaciones de Maxwell e interpretamos siempre el significado de la palabra "electricidad" de manera conveniente, casi todas las contradicciones que al principio resultan tan sorprendentes pueden hacerse desaparecer. Sin embargo, debo admitir que no tenido éxito al llevar esto a cabo completamente, o a mi entera satisfacción; de otro modo, en lugar de hablar dubitativamente, lo haría de un modo más definido (Hertz 1962, p. 27).

Concentrando su atención en lo que parecía ofrecer más dificultades al leer la obra de Maxwell, a saber, la palabra 'electricidad', Hertz trató de leerla en contexto de un modo que otorgara significado a las oraciones en las que ocurría. Con frecuencia pudo lograrlo. Pero, al seguir leyendo, un pasaje ulterior parecía requerir una nueva lectura de la palabra, que no era en absoluto consistente con la anterior. Esto sucedía, según confesó, con suficiente frecuencia como para que 'dudara' en afirmar qué era exactamente lo que mantenía Maxwell.

Otros pasajes de la introducción de Hertz aclaran que intentó acomodar la 'electricidad' de Maxwell en algún punto de un esquema según el que la carga debe pensarse como el estado de alguna cosa, ya sea ésta un dieléctrico o un conductor. Esto conduce a un inevitable dualismo en aquel con-

cepto, que no existe en absoluto en la interpretación de Maxwell. Las dificultades de Hertz tuvieron lugar, indudablemente, al tratar de proyectar esta estructura dualista sobre la concepción unitaria de Maxwell. No es posible hacerlo de forma consistente, aunque en pasajes particulares resulta posible ocasionalmente, como Hertz descubrió. Así, estas frases son una confesión de, literalmente, el fracaso de Hertz en *traducir* el lenguaje de Maxwell a algo de lo que pudiera extraer algún sentido. Pero los maxwellianos británicos no encontraron dificultades comparables. A menudo recurrían a analogías y ejemplos a fin de presentar la concepción maxwelliana de la carga; implícitamente estaban convencidos de que era consistente, y sin duda tenían razón. La concepción de Maxwell, aunque francamente incompatible con una lectura tipo Hertz, se adapta sin conflictos a un esquema basado enteramente en propiedades de campo.

Quizá el intento de Hertz de traducir literalmente la 'electricidad' de Maxwell a algo que pudiera entender no es tan común como otro tipo de actividad que ocurre frecuentemente cuando un esquema nuevo -por las razones que sea- se está propagando. Se dan intentos de *expropiar* -que no adoptar- las novedades útiles. Puede suceder que del nuevo esquema se tomen categorías enteras y se conecten con una estructura alternativa ya existente, sin que al mismo tiempo se transmitan los efectos polucionadores de la innovación. Precisamente esto es lo que sucedió en la óptica de principios del diecinueve, cuando el escocés David Brewster intentó expropiar el nuevo concepto de 'fase' de Fresnel, sin abandonar el principio básico inarticulado de la óptica anterior, que los rayos de luz son el fundamento de todos los fenómenos lumínicos; esto es, sin adoptar el nuevo esquema de Fresnel, en el que la fase, junto con la amplitud, distinguen a las principales categorías de la luz polarizada, relegando los 'rayos' al papel de objetos francamente secundarios. Esto era particularmente adecuado para los aparatos que involucraban polarización.

Ciertamente, el esquema ondulatorio de Fresnel había cambiado notablemente el papel de la 'polarización' en la óptica. De acuerdo con su esquema -implícito en buena medida-, había dos categorías principales de luz: polarizada y no polarizada, correspondiendo respectivamente a luz con una diferencia de fase determinada entre sus componentes ortogonales, y luz con una diferencia de fase arbitraria entre ellos. Cada categoría tenía subdivisiones. La luz polarizada se dividía en lineal y elíptica; esta última, a su vez, se dividía en circular y no circular. La luz no polarizada se dividía en completamente no polarizada y parcialmente no polarizada. Nada de esto hubiera impresionado mucho a Brewster, de no ser por la ca-

pacidad del óptico de ondas de producir un aparato -el rombo de Fresnel- que se comportaba de una forma que parecía íntimamente ligada a las demandas de la 'fase' de Fresnel. Pero la óptica de rayos clasificaba la luz en sólo tres categorías: polarizada, parcialmente polarizada, y no polarizada. El problema de Brewster era, dada la aparente utilidad instrumental de la 'fase', cómo expropiarla sin a la vez tener que adaptar su función original de especificar las relaciones temporales entre las componentes de una oscilación, esto es, sin adoptar el esquema ondulatorio. Lo hizo de la manera siguiente (Brewster 1830). En vez de modificar sus categorías previas, basadas en rayos, Brewster decidió crear un tipo alternativo de luz. Se refirió a él como luz 'curiosa', y para él adoptó dos subcategorías, una de las cuales tenía a su vez dos subdivisiones: había luz (curiosa) completa y luz (curiosa) parcial. La luz completa se dividía en (completa) elíptica y (completa) circular. La 'fase', en el esquema de Brewster, especificaba el grado de completud: la luz parcial tenía una 'fase' de menos de 90° , la luz completa tenía una 'fase' igual a 90° . Esto se podía llevar a la práctica instrumentalmente al hacer que la luz que había sido reflejada de superficies metálicas en diversos ángulos pasase a través de un polarímetro.

De este modo, Brewster pensó que podía desligar la 'fase' de su anclaje en los conceptos ondulatorios. El resultado final era permitir ciertos tipos de manipulaciones que no tienen ningún significado en la física ondulatoria (pero con las que él se sentía plenamente a gusto). Su empleo del concepto ondulatorio de 'polarización elíptica', por ejemplo, no tenía absolutamente ningún sentido en el contexto de ondas, pero tenía mucho en el contexto de rayos. Por tanto debemos considerar los esfuerzos de Brewster como una *expropiación* más bien que una *traducción* del vocabulario ondulatorio: las oraciones que pueden construirse empleando el vocabulario de Brewster no podían a su vez ser traducidas en nada con sentido usando el vocabulario ondulatorio. Brewster tomó los términos ondulatorios y los empleó a su manera propia.

Este tipo de cosas ocurren en ciencia con regularidad. Las palabras, o incluso las oraciones, son arrancadas de su contexto y se hacen intentos de traducirlas a algo significativo prácticamente en solitario. El resultado puede ser un nuevo vocabulario, e incluso uno que funcione, esto es, que permita la construcción de oraciones significativas. Pero el proceso, de continuar, inevitablemente fracasará en al menos una de dos maneras. Los intentos de descodificar otras oraciones del original empleando el nuevo vocabulario llegarán a producir sinsentidos. O, invirtiendo el proceso, los intentos de regenerar oraciones del lenguaje original traduciendo aquellas

que se han forjado en el nuevo vocabulario llegarán a producir sinsentidos en el original. Los conceptos de traducción, del tipo empleado por Kuhn, hacen surgir inevitablemente problemas de relativismo al discutir la ciencia del pasado.

En una 'réplica' a sus críticos de 1970, Kuhn dijo lo siguiente acerca del reproche de que sus concepciones llevan inevitablemente al relativismo:

Ya debe estar claro que mi visión del desarrollo científico es fundamentalmente evolutiva. Imaginemos pues un árbol evolutivo que represente el desarrollo de las especialidades científicas desde su origen común en, digamos, la filosofía natural primitiva. Imaginemos además una línea trazada hacia arriba del árbol desde la base del tronco hasta la punta de alguna rama, sin que se doble volviendo sobre sí misma. Dos teorías cualesquiera que estén sobre esa línea guardan una relación de descendencia. Consideremos ahora dos teorías así, eligiendo cada una a partir de un punto que no esté demasiado cerca del origen. Creo que resultaría fácil diseñar un conjunto de criterios -incluyendo la precisión máxima de las predicciones, el grado de especialización, el número (pero no el alcance) de las soluciones concretas a problemas- que permitiría a cualquier observador no involucrado con ninguna de las teorías decir cuál era la más antigua, y cuál la descendiente. Por tanto, para mí el desarrollo científico es, al igual que la evolución biológica, unidireccional e irreversible. Una teoría científica no es tan buena como otra para hacer lo que normalmente hacen los científicos. En este sentido no soy un relativista (Kuhn 1970b, p. 264).

Por otro lado, seguía diciendo Kuhn,

Hay otro paso, o tipo de paso, que muchos filósofos de la ciencia desean dar pero que yo rehusó. A saber, desean comparar las teorías en tanto representaciones de la naturaleza, afirmaciones acerca de 'lo que realmente está ahí fuera'. Admitiendo que ninguna teoría de un par histórico es verdadera, con todo buscan un sentido en el que la última sea una mejor aproximación a la verdad. Creo que no se puede encontrar nada de este tipo. Por otro lado, ya no tengo la sensación de que al adoptar esta posición se pierda nada, y menos aún la capacidad de explicar el progreso científico (Kuhn 1970b, p. 265).

Comencemos con la cuestión planteada por el primer pasaje, a saber, si es posible en abstracto decir cuál de dos esquemas es el ancestro, suponiendo que uno es de hecho un 'descendiente' del otro. Como caso a propósito, tomemos la óptica geométrica y la teoría ondulatoria de la luz. Parafraseando a Kuhn, la teoría ondulatoria *per se* es inútil para hacer lo que hacía la óptica geométrica. Más aun, estipula que no puede existir nada del tipo de la óptica geométrica en su sentido tradicional. Esto parece plantear una dificultad, porque implica que la *teoría ondulatoria* "no es tan buena como [la óptica geométrica] para hacer lo que [los ópticos geométricos] hacen normalmente".

Las expresiones entre corchetes reemplazan respectivamente a 'otra' y 'científicos' de Kuhn, y al hacerlo llevan a confusión, pero de un modo fructífero. El problema aquí es que lo que hacen los teóricos de ondas simplemente no es, en general, lo que hacían los ópticos geométricos. Los problemas ondulatorios interesantes, y los instrumentos y experimentos que están inextricablemente ligados a ellos, no tienen a fin de cuentas intersección con el conjunto de los problemas interesantes de la óptica geométrica. Esto se debe a que la noción más fundamental de la óptica ondulatoria, que es el concepto de fase, no tiene ningún análogo en la óptica geométrica, de modo que la constelación de problemas que lo incorporan no tiene análogos geométricos. Pero entonces, ¿cómo podemos decir en abstracto si el esquema ondulatorio es descendiente del esquema geométrico o viceversa?

Es relativamente fácil dar una respuesta parcial, pero es extremadamente difícil llevarla a la práctica. De hecho Kuhn nos la ha dado ya, en particular al incluir el "número (pero no el alcance) de las soluciones a problemas concretos" entre los criterios de decisión posibles. En el caso de la óptica geométrica y ondulatoria, tanto el criterio de Kuhn como su limitación son esenciales. La óptica ondulatoria puede, bajo ciertas condiciones especiales, recuperar la óptica geométrica, pero entretanto el ámbito de aplicabilidad de ésta se ve reducido de un modo radical. Por otro lado, el número de tipos de problemas que puede tratar la óptica ondulatoria supera con creces a aquellos tratables por la óptica geométrica. Simplemente no hay nada en la última que sirva para tratar con situaciones que la óptica ondulatoria analiza empleando relaciones de fase. Según esto, la de Kuhn es -bajo una formulación diferente- una respuesta muy vieja. A saber, que el descendiente tratará explícitamente de acomodar ciertos resultados del ancestro, intentando forzar en su esquema (el descendiente) relaciones que puedan simular las relaciones del esquema ancestro. Esto resulta a menudo difícil de hacer, incluso en el caso aparentemente directo de la óptica geométrica y ondulatoria, en buena medida porque algunos temas que previamente se entendían bien se vuelven problemáticos, y a resultas sus propiedades deben ser recuperadas de modos bastante complicados. Aún así, no parece existir ningún caso en el que tal cosa -el forzar relaciones- pudiera hacerse en el ancestro para generar conceptos de otro modo ausentes, que no resultan forzados en el descendiente. Hay propiedades importantes que llevan la huella unidireccional de la flecha del tiempo.

Uno al menos de los otros criterios sugeridos por Kuhn, la mayor precisión de las predicciones, parece problemático, cuando menos en el caso de la óptica. Si decimos que la teoría ondulatoria es más precisa que la ópti-

ca geométrica, entonces debemos, según parece, ser capaces de comparar sus predicciones en contextos *similares*. Pero no hay contextos similares. O bien la óptica geométrica puede ser empleada razonablemente según los preceptos ondulatorios, o bien no puede; depende de las circunstancias experimentales. En otras palabras, no es exactamente el caso de que la óptica ondulatoria limite la precisión de la óptica geométrica. Más bien, limita el dominio de aplicación de ésta. Consideremos por ejemplo la luz que pasa a través de una ranura desde una fuente puntual (ambos esquemas comparten esta última noción para tal situación). Según la óptica ondulatoria *siempre* existe un patrón de interferencias al otro lado de la ranura, por ancha que pueda ser. Según la óptica geométrica sólo se da una franja de luz. Sin embargo, hay casos en los que la anchura visible del patrón de interferencia no puede ser observada, y bajo estas condiciones se puede aplicar la óptica geométrica. Se podría decir que la precisión está involucrada aquí, ya que se trata de ser capaz de observar el patrón de interferencias que la óptica ondulatoria afirma que existe, y que la óptica geométrica niega. Mas, según creo, es más instructivo considerar las condiciones prácticas que le permiten a uno recuperar un objeto previo -el rayo geométrico- desde un esquema en que el objeto, hablando en propiedad, ya no existe. Para comprender por contraste lo que quiero decir, supongamos que la óptica ondulatoria no generase patrones de interferencias. Supongamos en su lugar que simplemente se desplazara la imagen sin multiplicarse. Entonces sería fácil hablar de un aumento de precisión (en el supuesto de que nuestros instrumentos fueran capaces de discriminar entre la localización vieja y la nueva), porque se trata sólo de un asunto relativo al lugar de una cosa cuya naturaleza permanece por lo demás inalterada. Pero si, como de hecho suele ocurrir, los objetos de los dos esquemas difieren uno de otro en múltiples modos, entonces la cuestión de la precisión se hace bastante más complicada.

El tipo de incorporación progresiva representado por la absorción de la óptica geométrica en la ondulatoria -por complejo que pueda resultar- no es quizá lo que la mayoría de los filósofos, y muchos historiadores, han tenido en mente al abordar la noción de progreso en la ciencia. Mayoritariamente, los problemas intrigantes no tienen que ver con cómo los nuevos esquemas recuperan las viejas relaciones, sino más bien cómo un esquema llega a reemplazar a otro. Volviendo a la óptica, el interés se ha centrado desde hace mucho en cómo *la luz en tanto onda del éter* reemplazó a *la luz en tanto partículas en movimiento rápido*, algo que incuestionablemente ocurrió tanto en Francia como en Inglaterra en algún momento hacia finales de

los años 1820. Este cambio no es el mismo tipo de cosa que aquél que hemos venido considerando, ya que el núcleo del esquema reemplazado puede no transferirse de ningún modo a su sucesor. Así, sería totalmente incorrecto afirmar que la física del éter puede reproducir, en ningún sentido admisible, las relaciones físicas que se dan entre partículas ópticas; si bien es indudablemente correcto el decir que las perturbaciones periódicas pueden ser manipuladas hasta recuperar *aproximadamente*, bajo circunstancias apropiadas, las relaciones geométricas entre rayos que, según la óptica de partículas, son siempre exactamente correctas.

De hecho, en el caso de la óptica el esquema ondulatorio no incorporó *nada en absoluto* que fuera característico del sistema que prevaleció en Francia durante los primeros años 1800. Por volver a la imagen kuhniana del árbol ramificado, podríamos situar las dos formas de la óptica en ramas paralelas, tales que ambas se engarzan con la óptica geométrica, a pesar del hecho de que la física de rayos francesa precede en el tiempo a la física ondulatoria. Pues ninguna de estas dos ramas incorpora nada presente en la otra que no descienda de su ancestro común. Los episodios históricos que culminaron en la difusión de los conceptos ondulatorios tienen que ver con su conflicto con la física de rayos, no con la ancestral óptica geométrica. Aún más, esta difusión se había completado en lo esencial *antes* de la producción de fenómenos que la física de rayos no pudiera tratar en absoluto, y ciertamente tuvo lugar sin que hubiera experimentos sofisticados que dependieran sin ambigüedades de la novedad central de Fresnel, su comprensión de la polarización.

Tales ejemplos complican mucho el asunto del relativismo, ya que no podemos indicar nada general y exento de ambigüedad (como sería, por ejemplo, la recuperación de resultados de uno por el otro) que nos permita distinguir entre ambos esquemas sobre la base de criterios abstractos *hacia el tiempo en que uno desplazó al otro*. Sin duda los partidarios de cada uno tenían muy buenas razones para promocionar el esquema propio de cada cuál, y también buenas razones para rechazar el otro. En el caso de la óptica ondulatoria, el nuevo mundo fenoménico que con el tiempo logró generar hace que retrospectivamente su causa nos resulte persuasiva. Pero lo que eventualmente sucedió no puede tener influencia sobre algo que tuvo lugar anteriormente. Allí donde se trata de la generación y difusión inicial de un esquema novedoso, simplemente no se puede evitar en muchos casos cierto tipo de relativismo. Los científicos no saben hacia dónde se dirigen; no tienen más acceso privilegiado al futuro que los nigromantes que mueven los presupuestos nacionales. Lo que sí poseen, sin embargo, es un sistema

soberbiamente organizado, diseñado para dar a luz y controlar ciertos tipos de fenómenos nuevos. El mundo con el que se las ven es independiente; resiste con fuerza y con frecuencia a los moldes en los que deseamos forzarlo. Pero también es dependiente de los científicos, porque los procesos con los que tratan son en su mayor parte accesibles sólo a través de un universo de instrumentos elaborado e históricamente condicionado.

Los científicos argumentan con profunda convicción citando cosas tales como la simplicidad, la fecundidad, el alcance, etc., durante los períodos en que un esquema novedoso está siendo desarrollado y difundido. Pero es un hecho que estos tipos de argumentos rara vez resultan compulsivos para los contemporáneos que están íntimamente involucrados en el desarrollo de un esquema competidor. Además, normalmente pueden ser confrontados por argumentos de un tipo similar, y tienden a omitir gran parte de lo que está en juego, porque en general sólo tienen que ver con aspectos explícitos. Considérese por ejemplo lo que tenía que decir en 1834 un irlandés partidario de la óptica ondulatoria, Humphrey Lloyd:

Haría notar que cualquier teoría bien ideada puede ser acomodada a los fenómenos, y explicarlos aparentemente, con sólo incrementar el número de sus *postulados*, de modo que todavía abarque cada nueva clase de fenómenos según va surgiendo. En cierto sentido, y hasta cierto punto, puede decirse que una teoría así es verdadera, en la medida en que es meramente la expresión de leyes conocidas. Pero ya no es una *teoría física*, cuya esencia misma es conectar estas leyes entre sí, y demostrar su dependencia de algún principio superior: es un agregado de principios dispersos, cuyas relaciones mutuas resultan desconocidas. Así los ciclos y epiciclos del sistema ptolemaico representaban con fidelidad los movimientos más obvios de los cuerpos planetarios; mas cuando los refinamientos de la investigación astronómica pusieron al descubierto nuevas leyes, nuevos epiciclos fueron añadidos al sistema, hasta que finalmente su complicación lo volvió inútil como guía. Tal parece ser el estado actual de la teoría de emisión (...) (Lloyd 1834, p. 349).

Vemos aquí cómo, según Lloyd, la "teoría de la emisión" no puede servir de 'guía' a la nueva física porque "es un agregado de principios diversos". Estos principios están todos ellos directamente relacionados con el comportamiento de partículas ópticas.

La óptica ondulatoria, insiste Lloyd, no es nada semejante a ese agregado, y por ello puede generar una nueva física. Pero la percepción de Lloyd estaba sin duda influida por su defensa de la teoría ondulatoria, como podemos notar enseguida en su discusión de la reflexión parcial. Explica la física de las partículas lumínicas en gran detalle, y la fustiga por ser demasiado inconexa y vaga, y sobre todo por no suministrar fórmulas. Fresnel era mucho mejor. Podía obtener fórmulas, ¡y podía ligarlas elegantemente con la física del éter! En palabras de Lloyd:

En el desarrollo de su teoría [de la reflexión parcial] se advierte fuertemente el carácter del genio de Fresnel. Nuestro conocimiento imperfecto de las condiciones físicas precisas de la cuestión se suple mediante supuestos atrevidos, pero altamente probables: el significado del análisis es, como si dijéramos, escrutado intuitivamente, donde su lenguaje ha fracasado como guía; y las conclusiones sagazmente obtenidas de ese modo son, finalmente, confirmadas por experimentos elegidos de manera tal que fuercen a la Naturaleza a dar testimonio acerca de la verdad o falsedad de la teoría (Lloyd 1834, p. 363; cursivas añadidas).

En otras palabras, Fresnel no tenía nada mejor que los físicos de partículas en lo que respecta a un conocimiento 'perfecto' de las condiciones físicas (a saber, de la estructura del éter), pero tenía algo de lo que, según Lloyd, carecía Biot: 'intuición'. Naturalmente la comparación desfavorable de Lloyd, entre Fresnel y los físicos de partículas, dependía de que los últimos no tenían ninguna fórmula en absoluto, cuando de hecho sí las tenían. Lloyd no advirtió esto porque no percibía la estructura inarticulada de la alternativa a la óptica ondulatoria, una estructura sustancialmente independiente del tipo de críticas basadas en la adecuación de los modelos que Lloyd dirigió a la propia teoría de emisión.

Para concluir, hay dos puntos que merecen un énfasis especial. Primero, aunque los proponentes de distintas estructuras fracasan a menudo, y a consecuencia de ello, en comprenderse unos a otros, sin duda no se deduce que tal cosa sea imposible. Ciertamente que puede hacerse: los historiadores lo hacen. Pero los científicos rara vez, ante todo porque la ciencia creativa requiere un tremendo esfuerzo de concentración, y a menudo una gran cantidad de esfuerzo físico cuidadoso. Apenas sobra tiempo o energía para una apreciación crítica de puntos de vista alternativos. Como señalaba recientemente Rachel Laudan, discutiendo el retraso en la aceptación de la deriva continental,

dado que la contrastación exige comprometer recursos limitados de tiempo, dinero y habilidades, la decisión de si tomar en cuenta una teoría dependió de una estimación respecto a si tal compromiso produciría los resultados necesarios, y si los produciría más rápidamente o con menos costes que el tomar en cuenta otras teorías competidoras (Laudan 1987, pp. 205-6).

Por volver de nuevo a la óptica, antes de comienzos de los años 1820 Jean-Baptiste Biot no era en ningún sentido irracional por rechazar la óptica ondulatoria, como lo hizo, ya que en aquel tiempo no llegaba a suministrar soluciones claramente superiores para los problemas en los que estaba más centrado. No invirtió el tiempo y esfuerzo necesario para comprender plenamente el nuevo esquema, salvo en la medida en que podía apropiarse de cosas que le podían resultar útiles. A la inversa, Fresnel estaba convencido

de que o bien podía resolver cualquier problema tratado por Biot, o bien la formulación que Biot daba del problema era incorrecta. Profundamente inmerso en la creación de una física de la luz enteramente nueva, Fresnel no tenía ninguna energía disponible para penetrar sutilmente el núcleo interno de la obra de Biot. Su crítica de ella, por consiguiente, no resultaba en absoluto convincente para Biot. Pero tampoco Fresnel era irracional por desarrollar tan obsesivamente sus propios intereses, ya que logró avances enormes en el desarrollo de un esquema coherente que pudiera generar nuevos procesos, y o bien apropiarse de los existentes, o relegarlos a una posición subsidiaria.

El segundo punto depende del primero. Las estructuras inarticuladas son extremadamente resistentes, en buena medida porque deben ser flexibles. Flexibilidad significa dos cosas. Primero, los esquemas deben ser suficientemente flexibles para admitir nuevas subcategorías e incluso nuevas categorías al más alto nivel. Segundo, los propios géneros no están definidos rígidamente, en el sentido de que es imposible especificar exhaustivamente las características de un género (aunque es posible especificar que la conducta x en el aparato y cualifica al objeto z para ser miembro de la categoría c). En general los criterios que determinan la pertenencia a categorías están ligados, en cualquier período histórico dado, a medios instrumentales específicos, pero a la vez no se consideran idénticos a dicho comportamiento instrumental. Parece ser una consecuencia de esto el que las categorías deben ser lo bastante flexibles para que admitan ser distinguidas por medio de aparatos aun no descubiertos, lo que puede engendrar dificultades respecto a las relaciones entre diferentes instrumentos. El ser resistentes implica que, por bastante tiempo, prácticamente nunca está claro que uno racionalmente *debería* tomar en cuenta un esquema en lugar de otro, ya que los nuevos tipos de instrumentos son al principio unidades aisladas que, precisamente porque están solas, a menudo pueden ser adaptadas. Esto cambia con el tiempo, al ir evolucionando una nueva familia de aparatos, lo que hace cada vez más difícil incorporar su comportamiento en un esquema que no los haya dado a luz. Pero solo la contingencia histórica puede ayudarnos a comprender por qué tal gente en particular, en tales circunstancias particulares, hace lo que hace. Las evaluaciones abstractas, por liberales que sean en su admisión de criterios, no me parece que resulten útiles, cuando menos no para los primeros años de los casos que yo he examinado en detalle. En general me parece que los esquemas novedosos se difunden bien, habitualmente, antes de que cualquier sistema normativo pudiera certificarles una clara superioridad sobre los alternativos.

Sin embargo, no hay duda de que con el tiempo resulta *irracional* apearse a los sistemas antiguos cuando uno nuevo ha sido empleado para generar un universo instrumental enteramente nuevo. El precio a pagar es la expulsión de la comunidad científica, o al menos su indiferencia. Esto les sucedió a los físicos de rayos como Brewster, quienes se vieron cada vez más incapaces de adaptarse al nuevo mundo experimental que estaban engendrando los científicos de ondas. Para finales de los años 1840 y comienzos de los 1850, su conducta puede llamarse irracional. Fracasaron una y otra vez en su intento de producir nuevos resultados, y no pudieron participar en el trabajo que se desarrollaba en su campo, ni apreciarlo plenamente. Con el tiempo pueden surgir experimentos que son enteramente incompatibles con el viejo esquema, como la medición de Fizeau y Foucault de la velocidad de la luz en el agua. Pero generalmente estos últimos no aparecen hasta bastante tiempo después de que el nuevo esquema esté ya difundido. Al menos así fue en los casos que he mencionado, y así es también en otros casos.

Notas

† Traducción de José Ferreirós.

¹ Versión del traductor, ver p. 86 de la traducción castellana en FCE.

² Para más detalles ver Buchwald (1990).

³ Sobre la óptica véase Buchwald (1989), sobre el electromagnetismo Buchwald (1994).

⁴ Versión del traductor, ver pp. 307-08 de la traducción en FCE.

BIBLIOGRAFIA

- Brewster, D.: 1830, 'On the Phenomena and Laws of Elliptic Polarization, as Exhibited in the Actions of Metals on Light', *Philosophical Transactions*.
- Buchwald, J.: 1989, *The rise of the wave theory of light*, Univ. Chicago Press.
- : 1990, 'The Background to Heinrich Hertz's Experiments in Electrodynamics', in T.H. Levere, W. Shea (eds.): *Nature, Experiment, and the Sciences*, Kluwer Academic Publishers, pp. 275-306.
- : 1994, *The creation of scientific effects. Heinrich Hertz and electric waves*, Univ. Chicago Press.
- Hertz, H.: 1962, *Electric Waves*, New York, Dover. (Versión castellana: *Las ondas electromagnéticas*, Univ. Autònoma de Barcelona/Univ. Politècnica de Catalunya, 1990.)
- Kuhn, T.S.: 1970a, *The Structure of Scientific Revolutions*, The University of Chicago Press.

- : 1970b, 'Reflections on my Critics', in I. Lakatos, A. Musgrave (eds.): *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press.
- Laudan, R.: 1987, 'The Rationality of Entertainment and Pursuit', in J.C. Pitt, M. Pera (eds.): *Rational Changes in Science*, Dordrecht, Reidel, pp. 203-20.
- Lloyd, H.: 1834, 'Report on the Progress and Present State of Physical Optics', *British Association Reports* 4, 295-413.
- Maxwell, J.C.: 1873, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 2 vols., reprint New York, Dover, 1954.

Jed Z. Buchwald es Profesor Dreyfuss de Historia en el California Institute of Technology. Director del Dibner Institute for the History of Science, en el MIT, desde 1992 a 2001, Buchwald recibió un MacArthur Fellowship en 1995. Su campo de investigación principal es la historia de la física desde el siglo XVII. Es autor de tres libros, editor o coeditor de tres revistas y dos series de libros, y coeditor de dos colecciones.