



Estudios de Filosofía

ISSN: 0121-3628

revistafilosofia@udea.edu.co

Universidad de Antioquia

Colombia

Pringe, Hernán Bruno

Causalidad, invariancia y sistematicidad en el neokantismo de Ernst Cassirer

Estudios de Filosofía, núm. 48, diciembre, 2013, pp. 109-127

Universidad de Antioquia

Medellín, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=379837060008>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# Causalidad, invariancia y sistematicidad en el neokantismo de Ernst Cassirer\*

## Causality, Invariance and Systematicity in Cassirer's Neo-Kantianism

Por: **Hernán Bruno Pringe**

CONICET, Universidad de Buenos Aires, Argentina

Instituto de Humanidades

Universidad Diego Portales

Santiago, Chile

E-mail: hpringe@gmail.com

Fecha de recepción: 25 de abril de 2013

Fecha de aprobación: 15 de mayo de 2013

**Resumen.** *En este trabajo nos proponemos estudiar los vínculos que Cassirer establece entre los conceptos de causalidad, invariancia y sistematicidad en el conocimiento de la física. Para ello, comenzaremos considerando el marco general en el que se inscribe el análisis que Cassirer realiza. Este marco es el provisto por el método trascendental (1). En segundo lugar, consideraremos el principio de causalidad de Kant a la luz de su distinción entre principios constitutivos y principios regulativos de la experiencia (2). Luego, discutiremos las dificultades que Cassirer encuentra en la doctrina kantiana de la causalidad (3). Más adelante nos referiremos al sistema de los enunciados de la física, para poder así determinar el modo en el que se relacionan los conceptos de causalidad, invariancia y sistematicidad (4, 5).*

**Palabras clave:** Cassirer, Kant, causalidad, invariancia, sistematicidad.

**Abstract.** *In this paper we aim at studying the relationship that Cassirer establishes between the concepts of causality, invariance and systematicity in physical knowledge. For this purpose, we shall begin by considering the general framework of Cassirer's analysis: the one provided by the transcendental method (1). In the second place, we shall discuss the Kantian principle of causality in the light of Kant's distinction between constitutive and regulative principles of experience (2). We shall then address Cassirer's criticism of the Kantian doctrine of causality (3). Later, we shall turn our attention to the system of physical statements in order to determine how the concepts of causality, invariance and systematicity are related (4, 5).*

**Key words:** Cassirer, Kant, causality, invariance, systematicity.

---

\* Artículo vinculado al proyecto de investigación *Conceptos y Objetos* de la Universidad Diego Portales.

## Introducción

En los últimos tiempos la filosofía de la física de Ernst Cassirer ha despertado renovado interés, debido a la discusión inaugurada por recientes intentos de fundamentación trascendental de la física contemporánea (*cf.* especialmente, Bitbol, 2009; y Pringe, 2007).

Tales intentos parecen, en principio, empresas de dudoso éxito, pues la posibilidad de utilizar las ideas de Kant como herramientas para la comprensión de la problemática filosófica surgida con la nueva física ha sido fuertemente cuestionada. Por un lado, la teoría de la relatividad constituye para algunos un golpe mortal a la filosofía de Kant, en tanto dicha teoría refutaría la doctrina kantiana del espacio y el tiempo. Por otro lado, la teoría cuántica, al aparentemente violar el principio *a priori* de causalidad, estaría atacando la doctrina kantiana de las categorías y su carácter necesario para la posibilidad de la experiencia. De este modo, la física contemporánea destruiría los dos pilares de la filosofía teórica de Kant: la física relativista tornaría insostenible la doctrina kantiana de la sensibilidad, mientras que la física cuántica haría lo propio con la doctrina kantiana del entendimiento. En esta situación, parecería que no podemos sino suscribir la afirmación de Reichenbach, según la cual “la filosofía de Kant no tiene nada que decirnos a nosotros, quienes somos testigos de la física de Einstein y Bohr” (Reichenbach, 1956: 44); o la más reciente de Maudlin, quien sostiene: “La física moderna, es decir la relatividad y la teoría cuántica, aniquila las tesis de Kant acerca del status del espacio, del tiempo y de la causalidad” (Maudlin, 2007: 78).

Por el contrario, Cassirer propone una lectura distinta de la relación entre la filosofía trascendental y la física contemporánea. Si bien él entiende que ciertos aspectos de la doctrina de Kant deben ser revisados a la luz de los nuevos desarrollos científicos, sus estudios descubren en las teorías de la física contemporánea confirmaciones de una posición filosófica que no deja de ser en sentido amplio *trascendental*.

En este trabajo nos proponemos estudiar los vínculos que Cassirer establece entre los conceptos de causalidad, invariancia y sistematicidad en el conocimiento de la física. Para ello, comenzaremos considerando el marco general en el que se inscribe el análisis que Cassirer realiza. Este marco es el provisto por el *método* trascendental (1). En segundo lugar, consideraremos el principio de causalidad de Kant a la luz de su distinción entre principios constitutivos y principios regulativos de la experiencia (2). Luego, discutiremos las dificultades que Cassirer encuentra en

la doctrina kantiana de la causalidad (3). Más tarde nos referiremos al sistema de los enunciados de la física, para poder así determinar el modo en el que se relacionan los conceptos de causalidad, invariancia y sistematicidad (4, 5).

## **1. Cassirer y el método trascendental**

El neokantismo de Marburgo se concibe a sí mismo como deudor de Kant no en lo que respecta al contenido de su filosofía sino sólo en la forma de su filosofar. Los neokantianos subrayan que ellos no aceptan de manera dogmática ningún resultado de la filosofía crítica, sino que sólo adoptan lo que constituye el verdadero legado histórico de Kant: el *método* propio de la filosofía (Natorp, 1912: 194). Dicho método es el denominado método *trascendental*.

Según este método, la investigación filosófica debe partir de un cierto *factum* y proceder buscando sus condiciones de posibilidad. En el caso de la filosofía teórica, el hecho a considerar es la experiencia (Cohen, 1877: 24). Cohen identifica sin más con la ciencia físico-matemática aquella experiencia que servirá de punto de partida del método trascendental. De tal modo, Cohen afirma que “la experiencia está dada en la matemática y en la ciencia pura de la naturaleza” (Cohen, 1877: 24-25) y, más precisamente, en la “ciencia de Newton” (Cohen, 1910: 32). La tarea de la filosofía trascendental, en tanto teoría de la experiencia, será entonces la de determinar las condiciones de posibilidad de la ciencia newtoniana (Cohen, 1918: 93).

Cassirer adopta esta concepción coheniana del método trascendental<sup>1</sup> (Cassirer, 1929: 294).<sup>2</sup> Ahora bien, mientras que Kant tomó como hecho la ciencia de su época, Cassirer aplica este método a los nuevos *facta* provistos por los avances de las ciencias físico-matemáticas, que incluyen, en particular, las geometrías no euclidianas, la teoría de la relatividad y la física cuántica.<sup>3</sup> De este modo, Cassirer entiende que, partiendo de presupuestos kantianos, es posible y necesario llevar la investigación filosófica *más allá* del estadio alcanzado por el propio Kant. Este avance, insiste Cassirer, no es sino la reafirmación del espíritu de la filosofía de Kant, pues “lo que la *Crítica de la razón pura* pretendía no era fijar el conocimiento

---

1 Para una discusión del problema del método trascendental en Cassirer, véase: Ferrari, 2002. Las relaciones entre la filosofía de Cassirer y sus antecedentes dentro de la tradición del neokantismo de Marburg son estudiadas por Marx (1975).

2 Dado este énfasis neokantiano acerca de la cuestión metódica, resulta llamativo constatar que la expresión “método trascendental” *no* se encuentra en la obra de Kant (*cf.* Baum, 1980).

3 Plümacher ofrece un panorama de la recepción que lleva a cabo Cassirer del progreso científico de fines del siglo XIX y principios del siglo XX en: Plümacher, 1996. Para el caso específico de la física, véase: Seidengart, 1992.

filosófico de una vez y para siempre en un determinado sistema dogmático de conceptos, sino abrirle el ‘camino estable de la ciencia,’ en el cual puede haber puntos de detención y reposo siempre sólo relativos, nunca absolutos” (Cassirer, 1921: 8).

Cassirer discute el rol del principio de causalidad en el marco de este análisis de las condiciones de posibilidad de los nuevos hechos científicos, llevado a cabo según el método trascendental. En el numeral 3 discutiremos los problemas que tal análisis descubre en la interpretación kantiana de dicho principio. Pero antes, en el numeral 2, presentaremos el principio de causalidad kantiano como principio constitutivo de la experiencia.

## 2. Principios constitutivos y principios regulativos en la filosofía de Kant

En la doctrina trascendental de Kant es posible distinguir dos tipos de principios. Por un lado, existen ciertos principios que establecen la extensión del concepto de naturaleza. Estos principios expresan las condiciones necesarias y suficientes que deben ser satisfechas para que algo pertenezca a la naturaleza, o, en otras palabras, para que sea un objeto de experiencia posible. Estos principios conforman un sistema de juicios sintéticos *a priori* que determina así los límites de la experiencia. Tal sistema es “el sistema de todos los principios del entendimiento puro” (*KrV*, B187ss). Todo objeto empírico debe satisfacer estos principios porque de otro modo no sería en general un *objeto*. Tales principios resultan las condiciones de la objetividad de los objetos empíricos. Según Kant, estos principios se obtienen cuando las categorías son aplicadas según esquemas a la multiplicidad espaciotemporal. Ahora bien, esta aplicación de las categorías es, según Kant, aquello que nos permite alcanzar un conocimiento de objeto a partir del dato sensible. De tal modo, con tal aplicación se trasciende la mera subjetividad de las percepciones y se constituye la *experiencia* como conocimiento objetivo. Por tal motivo, los principios en cuestión se denominan principios *constitutivos* de la experiencia. Tal como hemos dicho, estos principios son los mismos que determinan la objetividad de los objetos de la experiencia y se encuentran así bajo el principio supremo que sostiene que “las condiciones de la posibilidad de la experiencia son a la vez las condiciones de la posibilidad de los objetos de la experiencia” (*KrV*, B197).

Por otro lado, la doctrina de Kant contiene también principios de un tipo distinto. Estos principios ya no son los que garantizan la objetividad de la experiencia, sino más bien los que posibilitan la *unidad sistemática* de ella. Tales principios son los principios *regulativos* de la experiencia. Mientras que

los principios constitutivos expresan las condiciones de la constitución de nuestra experiencia como conocimiento objetivo, o, según su principio supremo, las condiciones de la objetividad de los objetos empíricos, los principios regulativos establecen cómo debemos juzgar acerca de tales objetos empíricos si buscamos obtener un conocimiento sistemático de ellos. Los principios regulativos pertenecen a la razón y a la facultad de juzgar reflexionante. Los principios regulativos, en tanto principios trascendentales, no son meros principios lógicos para la economía de la razón en la organización de los conceptos. Por el contrario, los principios regulativos también se refieren a la naturaleza, pero en contraposición a los principios constitutivos no buscan determinarla, sino sólo guiar nuestra reflexión acerca de ella. Más precisamente, la búsqueda de la unidad sistemática de nuestros conocimientos empíricos se lleva a cabo bajo la *presuposición* de la unidad sistemática de la naturaleza. Es decir, en nuestra reflexión sobre la naturaleza, que tiene como fin la adquisición de un conocimiento sistemático de ésta, no determinamos a la naturaleza como un sistema. Esto es así porque no puede garantizarse *a priori* que los contenidos que nos brinda la sensibilidad sean lo suficientemente homogéneos como para ser subsumidos bajo conceptos empíricos organizados en un sistema. Más bien sólo investigamos la naturaleza *como si* fuera un sistema tal, dejando indeterminado el grado de sistematicidad que puede efectivamente ser alcanzado en nuestro conocimiento.

El principio de causalidad no está entre los principios regulativos que acabamos de exponer, sino que él es, según Kant, un principio *constitutivo* de la experiencia. Concretamente, dicho principio cumple la función de garantizar la distinción entre el orden subjetivo de las percepciones y el orden objetivo de la experiencia. Las percepciones son siempre sucesivas, pero el percibir no alcanza por sí solo para determinar si el orden de lo que sucede es necesario o no lo es. Es decir, el mero percibir B después de A no contiene ni implica la representación de la necesidad del orden AB. Ahora bien, dado que “la experiencia es posible sólo mediante la representación de una conexión necesaria de percepciones” (*KrV*, B218), el orden AB sólo puede ser experimentado como objetivo (y no ya percibido subjetivamente) si dicho orden es representado como necesario. La argumentación de Kant en la segunda analogía de la experiencia muestra que la necesidad del orden AB no es sino la que resulta de subsumir A y B bajo la categoría de causa y efecto mediante el esquema correspondiente. De este modo, la sucesión subjetiva AB, donde mi percepción B es una modificación de mi percepción anterior A, se distingue de la serie objetiva AB, donde B es una alteración del estado A del objeto. Esta alteración objetiva presupone la conexión de A y B como causa y efecto respectivamente. Así

el principio de la sucesión temporal según la ley de la causalidad afirma: “todas las alteraciones suceden según la ley de la conexión de la causa y el efecto” (*KrV*, B232).

A continuación consideraremos la crítica de Cassirer al principio kantiano de causalidad y luego analizaremos la función trascendental que Cassirer le asigna a la causalidad. Lo peculiar de la interpretación neokantiana de Cassirer del principio de causalidad es que éste se mantendrá libre de ciertas condiciones impuestas por el esquematismo trascendental kantiano y adquirirá más bien un rol análogo al de un principio *regulativo*.

### §3 La crítica al principio de causalidad kantiano

Según Cassirer, “de todas las diversas explicaciones del concepto de causa que ha dado la *Crítica de la razón pura*, quizá la más precisa y satisfactoria sea aquella en la que se sostiene que este concepto no significa otra cosa sino una indicación para la formación de conceptos empíricos determinados” (Cassirer, 1937: 272-273). En este sentido, Kant afirma: “Que todo lo que acontece tiene una causa, no puede inferirse a partir del concepto de aquello que, en general, acontece; antes bien, el principio muestra cómo, ante todo, se puede obtener un concepto empírico determinado de aquello que acontece” (*KrV*, A301 = B357).

El principio causal resulta entonces un precepto que declara cómo debemos concebir y estructurar nuestros conceptos empíricos para que puedan cumplir con su tarea de objetivación de los fenómenos (Cassirer, 1937: 153). Por lo tanto, subraya Cassirer, el principio de causalidad es un principio acerca de *conocimientos* y no tanto acerca de cosas o eventos (Cassirer, 1937: 203). Si bien es verdad que en nuestro uso cotidiano del principio de causalidad identificamos cosas como causas y efectos, mediante esta identificación no es posible establecer una legitimación *científica* de la causalidad. Pues lo que en nuestra experiencia cotidiana llamamos *cosa*, es en realidad un complejo de condiciones que debe ser analizado hasta alcanzar los auténticos juicios causales de la ciencia (Cassirer, 1937: 155). Esta caracterización de *cosa* como complejo de condiciones expresa el resultado fundamental de la doctrina de Kant, según la cual los conceptos de conformidad a ley (*Gesetzlichkeit*) y objetividad se encuentran relacionados en un juicio sintético *a priori*: sólo incorporando los fenómenos en un ordenamiento conforme a ley será posible referirlos a objeto. En otras palabras, en la experiencia no conocemos objetos como si éstos precedieran al establecimiento de leyes, sino que mediante estas leyes conocemos *objetivamente*, en tanto en el curso uniforme del contenido

empírico establecemos determinados límites y diversos elementos y conexiones permanentes (Cassirer, 1937: 286).

Sin embargo, sostiene Cassirer, “en la ‘deducción’ del principio de causalidad que brinda en las ‘Analogías de la experiencia,’ [Kant] dirige la pregunta nuevamente a las cosas y eventos empíricos, en vez de [hacerlo] exclusivamente a los conocimientos empíricos, a la ‘forma de la experiencia’” (Cassirer, 1957: 196). Es decir, según Cassirer, Kant concibe correctamente la preeminencia lógica del concepto de ley sobre el concepto de objeto, pero las implicancias de esta “inversión copernicana” no son plenamente asumidas en su estudio del principio de causalidad. Aquí, Kant lidia todavía con representaciones cósmico-sustanciales, como si para definir un vínculo causal fuera suficiente la mera consideración de diversos estados de la misma cosa, determinando el estado anterior como causa del estado posterior (Cassirer, 1937: 156). Así, siguiendo el ejemplo de Kant, la serie objetiva de los estados de un barco que desciende la corriente no se fija, según Cassirer, simplemente determinando el estado del barco río arriba como causa de su estado río abajo. Más bien, para ello es necesario tener en cuenta las fuerzas presentes y, más precisamente, las *leyes* (de la gravitación, de la hidrodinámica y la hidrostática) que determinan el movimiento del barco. Para Cassirer, “estas leyes son los verdaderos componentes de la relación causal asumida” (Cassirer, 1937: 156). El problema se presenta porque, para que dichas leyes puedan ser formuladas exactamente, “la física debe servirse de su propio lenguaje simbólico, que se encuentra muy alejado del lenguaje de las ‘cosas’” (Cassirer, 1937: 156). La determinación del rol trascendental de la causalidad como condición de posibilidad del conocimiento científico exige una precisión mayor que la alcanzada por el análisis de Kant en la segunda analogía. Para dicha determinación es necesario abandonar la consideración sustancial de “cosas y eventos” y concentrarse en la forma funcional de la experiencia. Así, sostiene Cassirer, “Kant no ha seguido hasta el final el camino que ha tomado en la solución del problema de Hume” (Cassirer, 1937: 196).

Cassirer comparte la posición kantiana acerca de la dependencia del concepto de objeto respecto del concepto de ley, pero su pensamiento se aleja del de Kant cuando éste describe el papel del principio de causalidad en términos que parecen invertir el sentido de esta dependencia. Podría efectivamente pensarse que Kant considera inicialmente ciertos estados de cosas (como el estado del barco río arriba y río abajo) que, *sólo después* y con el propósito de determinar su ordenamiento temporal, serán representados en una relación causal. Pero también podría esgrimirse que esta reconstrucción de la argumentación de Kant en la segunda analogía de



la experiencia no es correcta. Para Kant, el principio de causalidad posibilita *precisamente* una cierta determinación del concepto de objeto según el concepto de ley: la causalidad permite determinar la *serie objetiva* de la experiencia mediante un enlace *necesario* de percepciones sucesivas. Sin embargo, como sea que se resuelva este asunto, de todos modos subsistiría para Cassirer otro tipo de dificultad en el planteo kantiano.

Cassirer afirma coincidir con Kant en que la mera exigencia de conformidad a ley expresada por la casualidad deja indeterminado el *modo* en el que ella podrá satisfacerse. Por lo tanto, dice Cassirer, Kant exige que la categoría de causalidad sea en cierto sentido *especificada* para poder ser útil y aplicada en la experiencia (Cassirer, 1937: 319). Esta especificación se logra, según Kant, mediante el *esquema trascendental*. La doctrina del esquematismo da cuenta de la *aplicación* de las categorías a la multiplicidad sensible espacio-temporal. Pero, para Cassirer, la validez de esta doctrina se encuentra restringida al marco provisto por la geometría euclidiana y la mecánica de Newton. Así, Cassirer señala que los esquemas kantianos, “mediante el descubrimiento de la geometría no euclidiana por un lado y los resultados de la teoría de la relatividad especial y general por el otro, han perdido su significado universal” (Cassirer, 1937: 319). En el mismo sentido, Cassirer sostiene que la “crisis de la causalidad” suscitada por la mecánica cuántica no es una crisis del *concepto* de causa, sino sólo del modo en el que dicho concepto se refiere a la *intuición* del tiempo, mediante esquemas. Así, “el desarrollo de la teoría cuántica ha marcado claros límites a esta esquematización. No podemos ya conectar la causalidad con la descripción espacio-temporal al modo de la física clásica, ni mucho menos identificarla con ella” (Cassirer, 1937: 316).

Según Cassirer, el mismo Kant presenta una versión del principio de causalidad en la que éste se mantiene libre de las condiciones impuestas por el esquematismo (Cassirer, 1937: 314). Esta versión es la de la primera edición de la *Crítica*, que declara: “Todo lo que ocurre (comienza a ser) presupone algo a lo cual sigue *según una regla*” (*KrV*, A189). Para Cassirer, esta fórmula sólo exige la posibilidad de conectar mediante reglas lo que sucede, sin presuponer nada acerca de las características de dichas reglas. La exigencia de la causalidad resulta más bien la mera exigencia de conformidad a ley de los eventos naturales. Sin embargo, en la prueba del principio, Kant da un paso más e introduce el tiempo mediante el esquema de la causa y el efecto. Finalmente, Kant establece un vínculo entre el principio de causalidad y el principio de continuidad: la causa no produce el efecto instantáneamente, sino en un cierto intervalo de tiempo  $t_b - t_a$ , de modo que la magnitud  $b-a$  de lo real crece a través de todos los grados intermedios entre el

valor inicial  $a$ , a tiempo  $t_a$  y el valor final  $b$ , a tiempo  $t_b$ . Pero, la teoría cuántica rechaza esta exigencia de continuidad, afirmando que ciertas magnitudes sólo pueden adoptar determinados valores discretos y pasar de unos a otros sin hacerlo por los estados intermedios. Así, según Cassirer, la conexión entre causalidad y continuidad, tal como es entendida por Kant, debe ser abandonada.

Dada esta crítica al esquematismo kantiano, bien podría esperarse que Cassirer buscara *nuevos* esquemas trascendentales que resultaran aptos para llevar a cabo la tarea que los esquemas de Kant, deudores de un estadio superado de la ciencia, no pueden ya cumplir. Sin embargo, la propuesta de Cassirer es más radical. Para Cassirer, los nuevos *facta* científicos sobre los que se apoya su investigación filosófica exigen más bien una reinterpretación del problema del esquematismo *en general*, pues “la lógica trascendental no puede vincularse con la estética trascendental y en cierto modo comprometerse con ella, de la manera en la que esto sucede en Kant” (Cassirer, 1937: 319).

En las próximas secciones veremos que la conformidad a ley demandada por el principio de causalidad no se especifica, según Cassirer, mediante la consideración de un elemento a la vez intelectual y sensible, como lo es, para Kant, el esquema trascendental. Más bien, Cassirer propondrá una especificación según meros conceptos, a través de *invariantes de la experiencia*, que, gracias a su diverso orden, articulan el conocimiento físico como sistema.<sup>4</sup>

---

4 Nuzzo estudia la transformación en la doctrina de Cassirer acerca de la relación entre lógica y tiempo, desde la sostenida en *Substanzbegriff und Funktionsbegriff* hasta la de la *Philosophie der symbolischen Formen*. Según Nuzzo, una teoría de invariantes ya no es posible en el caso de las ciencias sociales. Más bien, allí la posición de Cassirer se vuelve una variante de la fenomenología hegeliana (cf. Nuzzo, 1996: 76-77). Por el contrario, Ferrari sostiene que Cassirer busca establecer invariantes también en el caso de otras formas culturales, aunque éstos no puedan reducirse a los del conocimiento científico de la naturaleza (cf. Ferrari, 2012: 350; acerca del hegelianismo de Cassirer, cf. Ferrari, 2007). Por su parte, en un estudio de los trabajos de Cassirer previos a la filosofía de las formas simbólicas, Ryckman (1991) sostiene que el principio básico sobre el que Cassirer basa en esta etapa su explicación del modo en el que conceptos se relacionan con contenidos empíricos es el de *coordinación funcional*. Sin embargo, Cassirer afirma ya en 1910 (aunque no todavía en Cassirer, 1907) que la tarea de una doctrina crítica de la experiencia es establecer la “teoría general de los invariantes de la experiencia” (Cassirer, 1910: 356). Años después, Cassirer indica que el desarrollo de la física moderna no hizo sino confirmar las ideas fundamentales de *Substanzbegriff und Funktionsbegriff*, permitiendo que las mismas fueran más precisamente formuladas y mejor justificadas (Cassirer, 1937: 131). Así, la teoría del conocimiento físico como sistema de invariantes, que estudiaremos a continuación, responde a los objetivos que Cassirer se propone en sus primeros escritos epistemológicos. Cassirer cita el pasaje de *Substanzbegriff und Funktionsbegriff* anteriormente referido y afirma que esta concepción del rol de los invariantes en la física, que él había determinado a partir de su análisis de la física clásica, se corresponde también con el “programa de la moderna física teórica, tal como por ejemplo Dirac lo establece en sus *Principios de la mecánica cuántica*” (Cassirer, 1937: 286-287). También la teoría de la relatividad confirma, según Cassirer, aquellos primeros resultados de una doctrina crítica de la experiencia (Cassirer, 1921: 34-35). Un análisis de la interpretación de Cassirer de la teoría de la relatividad a la luz de la problemática de una teoría general de los invariantes de la experiencia puede encontrarse en: Ryckman, 2005.

#### 4. Invariancia y sistematicidad en el conocimiento físico

Cassirer concibe el conocimiento físico como un sistema en el que se distinguen tres tipos de enunciados: los enunciados de *medida*, los enunciados de *leyes* y los enunciados de *principios* (Cassirer, 1937: 161 ss.).<sup>5</sup>

Los enunciados de medida constituyen el primer paso del tránsito del “mundo de los sentidos” al “mundo de la física,” del mundo de lo dado al del conocimiento de la ciencia natural. Este momento del tránsito se caracteriza porque en él se verifica la conversión de los datos inmediatos de la percepción en determinaciones tales que resultan aptas para ser subsumidas bajo conceptos matemáticos. Lo percibido es representado en términos de medida y número, y la mera aprehensión sensible deja su lugar a la observación experimental.

Desde el punto de vista de la *extensión* del conocimiento, los enunciados de medida representan un avance respecto de los datos de la percepción, pues gracias a la utilización de instrumentos de medición es posible ir más allá de los límites contingentes de nuestros sentidos, como lo hacemos al estudiar la superficie lunar con un telescopio o las células de la sangre a través de un microscopio. Sin embargo, este avance no expresa plenamente el sentido del tránsito desde los datos percibidos hacia el conocimiento físico. Paralelamente a una *ampliación* de nuestra imagen del mundo, en esta imagen se verifica también una *concentración*. En efecto, la variedad de cualidades sensibles se deja de lado en favor de unas pocas determinaciones fundamentales, a partir de las cuales se busca explicar la riqueza de lo dado.

Mediante esta concentración se posibilita una modificación clave en nuestro conocimiento. La multiplicidad de percepciones conforma en principio un mero *agregado*: las cualidades sensibles de una cosa percibida se encuentran simplemente yuxtapuestas. De este modo, el color, el sabor, el olor, la textura de una manzana son en principio independientes entre sí. Esta colección particular de cualidades se verifica contingentemente aquí y ahora. Por el contrario, las propiedades de un objeto de la física —como, por ejemplo, las de un gas ideal— se organizan en un *sistema*, por lo que la modificación de una de ellas implica necesariamente la modificación de las otras. Así, la temperatura, la presión y el volumen del gas no son independientes, sino que al determinar dos de ellas se determina también la tercera, y esto de manera necesaria.

---

5 Para una discusión de la relación entre un conocimiento físico así estructurado y la técnica como forma simbólica, véase: Falkenburg, 2012.

La *relación* entre las propiedades de un objeto físico que se manifiestan en enunciados de medida es expresada mediante un tipo distinto de enunciados: los enunciados de *ley*. Mientras que los enunciados de medida se caracterizaban por su individualidad, es decir, por su referencia ineludible al aquí-ahora, los enunciados de ley poseen la forma lógica del *si, entonces*. Esto significa que los enunciados de ley no pueden ser considerados como expresiones resumidas mediante las cuales se afirma o se niega un número indeterminado de hechos individuales. De hecho, las leyes no vinculan de forma hipotética magnitudes individuales a las que podemos adscribirles un índice espacio-temporal, sino clases de magnitudes. Entonces, los enunciados de leyes no se alcanzan mediante una —siempre controvertida— inferencia inductiva que, partiendo de numerosos casos se dirija a la totalidad de los mismos. Más bien, con los enunciados de ley se abandona completamente el punto de vista del mero aquí-ahora y se alcanza la representación de sus conexiones necesarias.

Pero con el tránsito de los enunciados de medida a los enunciados de ley no se concluye el proceso de conocimiento físico. Pues, así como la multiplicidad de las propiedades de un objeto físico adquiere unidad mediante leyes, estas leyes a su vez son unificadas bajo principios. De tal modo, si los enunciados de medida son individuales y los enunciados de ley son generales, los enunciados de principios resultan universales. Los enunciados de principios no se refieren a hechos individuales o a clases de hechos, sino que establecen síntesis que unifican distintos dominios del conocimiento físico, como la óptica, la mecánica o la electrodinámica. La diferenciación de estos dominios adquiere entonces un carácter relativo a su principio rector. Este principio confirma dicha diferenciación y, a la vez, expresa la unidad que los agrupa (Cassirer, 1937: 179). La investigación física no se detiene en la constatación de una multiplicidad de leyes, sino que busca reglas cuya variación permita al pensamiento encaminarse de una ley a otra. Como ejemplos de estos principios, Cassirer nombra al principio de Carnot, al principio de conservación de la energía y al principio de mínima acción, sobre el que volveremos de inmediato.

Los diversos tipos de enunciados resultan *invariantes de distinto orden*.<sup>6</sup> Los enunciados de medida expresan valores de magnitudes físicas que no dependen de la subjetividad del científico que lleva a cabo el experimento. Por ejemplo, en el

---

6 (Sobre este punto, cf. Ihmig, 2001: 81ss). Ihmig (1997a) desarrolla *in extenso* la doctrina de Cassirer de los invariantes de la experiencia. Allí se analiza en detalle la relación de esta doctrina con el programa de Erlangen de Félix Klein (cf. también: Ihmig, 1997b). Cassirer (1938) utiliza la noción matemática de invariancia frente a un grupo de transformaciones para iluminar la problemática de la psicología de la percepción.

mismo momento y en el mismo lugar un observador puede percibir calor, mientras que otro observador percibe frío. En cada caso, la percepción tiene una validez meramente subjetiva, variando de observador en observador. Por el contrario, el enunciado de medida que expresa la temperatura ambiente se mantiene *invariante*, pues su valor es el mismo para todos los observadores.

Ahora bien, aun cuando dicho valor de la temperatura resulte invariante respecto de los observadores posibles, el enunciado de medida contiene un índice espacio-temporal: la temperatura tiene el valor  $T$  en la posición  $x$ , al tiempo  $t$ . Al avanzar el conocimiento desde enunciados de medida hacia enunciados de ley, este índice desaparece. Un enunciado de ley no incorpora el valor particular de la temperatura en un cierto lugar y momento, como lo haría si la ley no fuera más que una expresión resumida de una colección de enunciados de medida. Más bien, la temperatura está presente en la ley como una *clase* de magnitud, que se encuentra enlazada con otras clases de un modo *invariante* respecto de los valores de dichas magnitudes en distintos lugares y tiempos. Así, por ejemplo, las leyes de Boyle, Mariotte y Gay Lussac vinculan la temperatura, la presión y el volumen de un gas ideal según una regla independiente de los valores absolutos de las coordenadas espacio-temporales (Cassirer, 1937: 177).

Pero, como hemos visto, también la multiplicidad de leyes (y no sólo la de enunciados de medida) se distingue de una regla de síntesis que la unifica. En este caso, la regla está contenida en un enunciado de principio. La investigación física se pregunta cómo las diversas leyes, en particular las leyes fundamentales de los distintos campos de la física, se infieren unas de otras. Para ello, la clave no reside en los hechos que conforman los diversos campos de la física, sino en las *ecuaciones* que expresan la estructura de dichos campos. Cassirer presenta como ejemplo paradigmático de un enunciado de principios al principio de mínima acción. En su aplicación a casos particulares, este principio ya era conocido por Herón de Alejandría, quien lo utiliza para encontrar las leyes de reflexión de la luz, mientras que mediante una versión ampliada y profundizada del principio, Fermat deduce la ley de refracción. Leibniz utiliza el principio en el campo de la mecánica y Maupertius funda en él incluso una prueba de la existencia de Dios. Con Euler el principio recibe una formulación rigurosa y un significado físico exacto y Lagrange lo expone de manera completa y precisa. Más tarde, Helmholtz lo enuncia como un principio físico universal, cuya validez se extiende más allá de los límites de la mecánica. El principio de mínima acción, bajo el nombre de principio de Hamilton, resulta finalmente fundamento de la física moderna, tanto de la relatividad general como de la mecánica cuántica.

Lo esencial del principio de mínima acción es que, dado que se trata de un principio extremal, no está atado a ningún contenido determinado. Es decir, el principio establece que ciertas magnitudes deben adoptar un valor mínimo, pero ellas pueden ser, en las diversas formulaciones del principio, por ejemplo, el camino recorrido por la luz (Herón), el tiempo requerido (Fermat), el producto de la velocidad y la longitud de la trayectoria (Maupertius), el valor medio de la energía potencial (Euler) o la diferencia entre la energía cinética y la potencial (Hamilton). De tal modo, la exigencia de que dichas magnitudes adquieran un valor extremo determina la forma general que las leyes de diversos campos de la física deben adoptar y así brinda una regla heurística para la búsqueda de tales leyes. Estas leyes serán múltiples, pero el principio permanecerá *invariante* frente a tal multiplicidad.

Los enunciados de la física se articulan entonces entre sí de acuerdo con el grado de su invariancia. Los enunciados de medida resultan invariantes respecto de la subjetividad del observador, pero varían respecto de leyes que permanecen constantes. A su vez, la multiplicidad de tales leyes contrasta con la invariancia de los principios que las unifican.

Mediante esta articulación se verifica un condicionamiento recíproco entre enunciados que brinda a su conjunto el carácter de sistema. Ni las leyes son meros agregados de mediciones ni los principios son meros agregados de leyes. El conocimiento físico no se origina a partir de elementos “en sí”, que posean sentido independientemente de su relación con los demás y que se vayan acomodando en una suerte de *pirámide* del conocimiento. Más bien, sólo encontramos una *coordinación funcional* de la que todos los enunciados forman parte, por lo que ya en los enunciados de tipo “inferior” se encuentran implicados y presupuestos los de tipo “superior”. Entre los distintos tipos de enunciados se verifica una trabazón que Cassirer subraya recordando las palabras de Goethe, para quien “todo lo fáctico ya es teoría”. Si quisiéramos utilizar un símbolo geométrico para representar esta situación, no sería entonces una pirámide el adecuado, sino que deberíamos considerar más bien una *esfera*, como la esfera completa mediante la cual Parménides describe su mundo (Cassirer, 1937: 169).

## **5. El principio de causalidad**

Si el tránsito desde un cierto tipo de enunciados hacia otro de distinto orden representa un salto cualitativo, pues se trata de una modificación de la clase de invariancia que en ellos se expresa, la consideración del principio de causalidad implica un cambio

aún más radical. El principio de causalidad no es un enunciado metafísico acerca del mundo “en sí”, pero tampoco un enunciado empírico, acerca del mundo sensible, como lo son los tipos de enunciados hasta aquí discutidos. El principio de causalidad no versa sobre objetos, sino más bien sobre nuestro *conocimiento* de objetos y es en este sentido un principio *trascendental* (Cassirer, 1937: 195). Más precisamente, el principio es un enunciado sobre nuestro conocimiento empírico de objetos y, por lo tanto, un enunciado *sobre* los enunciados de medida, *sobre* los de ley y *sobre* los de principios. Según Cassirer, el principio de causalidad afirma “que todos estos momentos se dejan referir unos a otros y enlazar entre sí de tal modo que a partir de este enlace resulte un *sistema del conocimiento físico*, y no un mero agregado de conocimientos aislados” (Cassirer, 1937: 197). En otras palabras, el principio de causalidad sostiene que el proceso de conversión de datos observacionales en enunciados de medida, la plasmación de los resultados de mediciones en leyes y la unificación de tales leyes bajo principios es siempre posible. De este modo, se afirma que, aun cuando dicho proceso de sistematización nunca pueda darse por finalizado, su conclusión debe de todos modos buscarse *como si* un sistema último y completo fuera posible, asumiendo que los fenómenos naturales no escapan o se resisten a su ordenamiento sistemático.

Kant distingue la participación necesaria de tres facultades cognitivas, irreductibles entre sí, que colaboran en la empresa del conocimiento: sensibilidad, entendimiento y razón. La sensibilidad nos proporciona intuiciones. El entendimiento lleva esas intuiciones bajo conceptos y refiere así el dato sensible a objeto. La razón, finalmente, brinda unidad sistemática a tales conocimientos objetivos. La participación necesaria de diversas facultades cognitivas conduce, sin embargo, al problema de su articulación. En particular, el problema de la subsunción de fenómenos sensibles bajo conceptos se ataca mediante la teoría del esquematismo. Los esquemas son precisamente aquellas representaciones que posibilitan que los fenómenos dados por la sensibilidad sean pensados mediante conceptos del entendimiento. El fenómeno se vuelve así objeto del conocimiento. Cassirer, por su parte, abandona el análisis del problema del conocimiento en términos de facultades diversas. Así, el problema de la coordinación de conceptos y fenómenos ya no es comprendido como el de la superación de la heterogeneidad entre concepto intelectual y fenómeno sensible. En efecto, “si concebimos el entendimiento, no simplemente como una facultad de formar *conceptos genéricos* abstractos, sino, según debemos hacerlo con arreglo a la deducción trascendental de las categorías, como la ‘facultad de formar reglas’, dejará de ser, en realidad, algo totalmente ‘diferente’ de la intuición” (Cassirer, 2000: 667). Cassirer asume



más bien una perspectiva lógico-trascendental desde la que sólo se reconoce una única función de objetivación. En este sentido, Cassirer señala: “Según cuál sea el diverso material empírico con el que se cumple la *función* de objetividad, que es uniforme respecto de su fin y su esencia, surgen diferentes conceptos de la realidad física, que, no obstante, sólo son diferentes estadios en la satisfacción de una y la misma demanda fundamental” (Cassirer, 1937: 286). Las tareas llevadas a cabo por cada una de las facultades kantianas son ahora reinterpretadas como diferentes momentos del cumplimiento de dicha función única y, más precisamente, como asociadas a distintos órdenes lógicos de invariancia.<sup>7</sup>

Desde esta perspectiva, Cassirer entiende el principio de causalidad en sentido trascendental, como condición de posibilidad del conocimiento científico, pero adscribiéndole un significado que no coincide con el que Kant asigna a dicho principio. Para Kant, el principio de causalidad es un principio *constitutivo* de la experiencia, que posibilita la distinción entre una sucesión subjetiva de percepciones y una serie objetiva de conocimientos. Por el contrario, según Cassirer, el principio de causalidad posee más bien una función trascendental análoga a la de un principio *regulativo*,<sup>8</sup> cuya tarea es la de guiar al entendimiento hacia la unidad sistemática de la experiencia.<sup>9</sup> El principio de causalidad sostiene que el proceso de conversión de datos observacionales en enunciados de medida, la plasmación de los resultados de mediciones en leyes y la unificación de tales leyes bajo principios es siempre posible. De esta manera, el principio expresa de modo determinado la función única de objetividad propuesta por Cassirer, cuya demanda fundamental es la de la legalidad de lo real como sistema de invariantes de la experiencia.<sup>10</sup>

---

7 Schmitz-Rigal sostiene que los tres tipos de enunciados que Cassirer distingue (enunciados de medida, de leyes y de principios) comparten la característica de ser focos imaginarios para nuestra orientación en la experiencia, a pesar de ser cuestionables y modificables en el transcurso de ésta (Schmitz-Rigal, 2009: 82). Con ello, Schmitz-Rigal funda los distintos tipos de enunciados en el uso hipotético de la razón, pero no establece ningún paralelismo entre las funciones específicas de cada tipo con las de cada facultad kantiana de conocimiento, como sí hacemos nosotros aquí.

8 En este punto, Cassirer coincide con Helmholtz, para quien la ley de causalidad no expresa sino aquel principio regulativo de nuestro pensamiento que nos exige buscar siempre leyes de generalidad mayor (Cassirer, 1937: 198 ss.). Respecto de la distinción constitutivo/regulativo en la filosofía de Cassirer, cf. Pätzold, 1996.

9 Cassirer afirma que, si quisiéramos utilizar la terminología de Kant, deberíamos llamar al principio de causalidad un “postulado del pensamiento empírico,” pues, como principio puramente metodológico, no atañe al contenido de los diversos tipos de enunciados sino al modo de su validez objetiva (Cassirer, 1937: 197).

10 Cei y French (2009) estudian la relevancia de esta concepción de la causalidad para el debate actual sobre interpretaciones estructuralistas de la física cuántica.



En la filosofía trascendental de Kant, la aplicación de la categoría de causalidad a fenómenos se lograba mediante la consideración de una condición mediadora, no puramente intelectual: el esquema trascendental. Tal representación resultaba “por una parte *intelectual*, y por otra parte, *sensible*” (*KrV*, A138 = B177). Por el contrario, en el neokantismo de Cassirer la aplicación de la causalidad a fenómenos se verifica sin condicionamientos sensibles,<sup>11</sup> mediante el tránsito puramente lógico de invariantes de orden superior hacia invariantes de orden inferior. De tal modo, la “especificación exigida, que resulta imprescindible para el uso empírico del concepto de causalidad, debe ahora ser buscada más bien en el ámbito de los conceptos mismos” (Cassirer, 1937: 319). La conformidad a ley exigida por el principio de causalidad se especifica en los distintos tipos de enunciados, desde los enunciados de principios, pasando por los de ley, hasta los de medida. Cada uno de estos tipos de enunciados expresa un momento particular de la legalidad demandada, que, de acuerdo con el espíritu de la “inversión copernicana” propuesta por Kant, funda un determinado nivel de objetividad.

A partir de esta concepción neokantiana del principio de causalidad, Cassirer desarrolla un análisis de los problemas epistemológicos suscitados por la mecánica cuántica, en particular de aquellos vinculados a la cuestión del indeterminismo cuántico (Cassirer, 1937). La consideración de este análisis de Cassirer excede el marco del presente trabajo. Sin embargo, valga aquí señalar que la interpretación del principio de causalidad, propuesta por Cassirer a la vista de la problemática de la mecánica cuántica, parece entrar en conflicto con la función de este principio en la teoría de la relatividad. En efecto, en este caso el principio de causalidad es el que garantiza el carácter objetivo del orden de una sucesión de eventos, como le correspondería en tanto principio constitutivo (tal como Kant lo concibe) y no ya regulativo del conocimiento (*cf.* Schmitz-Rigal, 2002: 277 ss.).

### Bibliografía

1. BAUM, M. (1980) *Methode, tranzendente*. En: Ritter, J., Günder, K. (Eds.), *Historisches Wörterbuch der Philosophie*. Bd. 5, Basel/Stuttgart, Schwabe.
2. BITBOL, M., KERSZBERG, P., PETITOT, J. (Eds.). (2009) *Constituting Objectivity. Transcendental Perspectives on Modern Physics*. New York, Springer.

---

11 Como, por ejemplo, la exigencia de continuidad espaciotemporal de los fenómenos, que, como hemos dicho, es rechazada por la teoría cuántica.

3. CASSIRER, E. (1907) Kant und die moderne Mathematik. *Kant-Studien* 12, pp. 1-49.
4. CASSIRER, E. (1910) *Substanzbegriff und Funktionsbegriff*. Berlin, Bruno Cassirer.
5. CASSIRER, E. (1921) *Zur Einsteinschen Relativitätstheorie*. En: Cassirer, E. (1957) *Zur modernen Physik*, Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, pp. 1-125.
6. CASSIRER, E. (1929) *Davoser Disputation zwischen Ernst Cassirer und Martin Heidegger*. En: Heidegger, M. (1991) *Kant und das Problem der Metaphysik*, Frankfurt am Main, Klostermann.
7. CASSIRER, E. (1937) *Determinismus und Indeterminismus in der modernen Physik*. En: Cassirer, E. (1957) *Zur modernen Physik*. Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, pp. 127-376.
8. CASSIRER, E. (1938) Le concept de groupe et la théorie de la perception. *Journal de psychologie normale et pathologique*, 35, pp. 368-414.
9. CEI, A. y FRENCH, S. (2009) On the Transposition of the Substantial into the Functional: Bringing Cassirer's Philosophy of Quantum Mechanics into the Twenty-First Century. En: Bitbol, M., Kerszberg, P., Petitot, J. (Eds.) *Constituting Objectivity. Transcendental Perspectives on Modern Physics*. New York, Springer, pp. 95-115.
10. COHEN, H. (1877) *Kants Begründung der Ethik*. Berlin, Ferd. Dümmler.
11. COHEN, H. (1910) *Kants Begründung der Ethik*, 2. Auflage, Berlin, Bruno Cassirer.
12. COHEN, H. (1918) *Kants Theorie der Erfahrung*, 3. Auflage. Berlin, Bruno Cassirer.
13. FALKENBURG, B. (2012) Wissenschaft und Technik als symbolische Formen. En: Recki, B. (Ed.), *Philosophie der Kultur-Kultur des Philosophieren. Ernst Cassirer im 20. und 21. Jahrhundert*. Hamburg, Meiner, pp. 567-582.
14. FERRARI, M. (2002) Ist Cassirer methodisch gesehen ein Neukantianer? En: Pätzold, D. y Krijnen, C., *Der Neukantianismus und das Erbe des deutschen Idealismus: die philosophische Methode*. Würzburg, Königshausen & Neumann, pp. 103-122.

15. FERRARI, M. (2007) Natur- und Kulturwissenschaften. Cassirer, Hegel und der Neukantianismus. *Internationale Zeitschrift für Philosophie* XVI, 2, pp. 67-78.
16. FERRARI, M. (2012) Das Faktum der Wissenschaft, die transzendente Methode und die Kulturphilosophie bei Ernst Cassirer. En: Recki, B. (Ed.), *Philosophie der Kultur-Kultur des Philosophieren. Ernst Cassirer im 20. und 21. Jahrhundert*, Hamburg, Meiner, pp. 337-358.
17. IHMIG, K.-N. (1997a) *Cassirers Invariantentheorie und seine Rezeption des 'Erlanger Programms'*. Hamburg, Meiner.
18. IHMIG, K.-N. (1997b) Cassirers Rezeption des *Erlanger Programms* von Felix Klein. En: Plumacher, M., Schürmann, V. (Eds.) *Einheit des Geistes: Probleme ihrer Grundlegung in der Philosophie Ernst Cassirers*. Frankfurt am Main, Peter Lang, pp. 141-163.
19. IHMIG, K.-N. (2001) *Grundzüge einer Philosophie der Wissenschaften bei Ernst Cassirer*. Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
20. KANT, I. (2007) *Crítica de la razón pura* (1781 = A) (1787 = B). Trad. M. Caimi, Buenos Aires, Colihue.
21. MARX, W. (1975) Cassirers Symboltheorie als Entwicklung und Kritik der Neukantianischen Grundlagen einer Theorie des Denkens und Erkennens. Überlegungen zur Struktur transzendentaler Logik als Wissenschaftstheorie. *Archiv für Geschichte der Philosophie*, 57, pp. 188-206 y 304-339.
22. MAUDLIN, T. (2007) *The Metaphysics within Physics*. Oxford, Oxford University Press.
23. NATORP, P. (1912) Kant und die Marburger Schule. *Kant-Studien*, vol. 17, pp. 193-221.
24. NUZZO, A. (1996) Das Verhältnis von Logik und Zeit bei Kant und Cassirer. En: Plumacher, M., Schürmann, V. (Eds.) *Einheit des Geistes: Probleme ihrer Grundlegung in der Philosophie Ernst Cassirers*. Frankfurt am Main, Peter Lang, pp. 59-80.
25. PÄTZOLD, D. (1996) Cassirers Symbol-Formen: konstitutives oder regulatives Apriori der Repräsentation? En: Plumacher, M., Schürmann, V. (Eds.) *Einheit des Geistes: Probleme ihrer Grundlegung in der Philosophie Ernst Cassirers*. Frankfurt am Main, Peter Lang, pp. 187-203.

26. PLÜMACHER, M. (1996) Die Einheit der Regel der Veränderung. Zur Bedeutung der Wissenschaftsrezeption für Cassirers Theorie des Wissens. En: Plumacher, M., Schürmann, V. (Eds.) *Einheit des Geistes: Probleme ihrer Grundlegung in der Philosophie Ernst Cassirers*. Frankfurt am Main, Peter Lang, pp. 113-140.
27. PRINGE, H. (2007) *Critique of the Quantum Power of Judgement. A Transcendental Foundation of Quantum Objectivity*. Berlin/New York, De Gruyter.
28. REICHENBACH, H. (1956) *The Rise of Scientific Philosophy*. Berkeley and Los Angeles, University of California Press.
29. RYCKMAN, T. (1991) *Conditio sine qua non?* Zuordnung in the early epistemologies of Cassirer and Schlick. *Synthese*, 88, pp. 57-95.
30. RYCKMAN, T. (2005), *The Reign of Relativity. Philosophy in Physics 1915-1925*. Oxford, Oxford University Press.
31. SCHMITZ-RIGAL, C. (2002) *Die Kunst offenen Wissens. Ernst Cassirers Epistemologie und Deutung der modernen Physik*. Hamburg, Meiner.
32. SCHMITZ-RIGAL, C. (2009) Ernst Cassirer: Open Constitution by Functional A Priori and Symbolic Structuring. En: Bitbol, M., Kerszberg, P., Petitot, J. (Eds.) *Constituting Objectivity. Transcendental Perspectives on Modern Physics*, New York, Springer, pp. 75-93.
33. SEIDENGART, J. (1992) La physique moderne comme forme symbolique privilégiée dans l'entreprise philosophique d'Ernst Cassirer. *Internationale Zeitschrift für Philosophie*, Heft 2, pp. 205-225.