

# Las analogías de la experiencia de Kant y la filosofía de la física

ROBERTO TORRETTI

*A Félix Schwartzmann*

En la filosofía crítica de Kant, la constitución de nuestra experiencia de objetos en el espacio y el tiempo depende sobre todo del empleo de las categorías de la relación, a saber, sustancia-y-atributo, causa-y-efecto y comunidad de interacción. Kant enuncia tres principios, las “Analogías de la experiencia” —que gobiernan, respectivamente la aplicación de cada una de estas categorías—, y un principio general de las Analogías, que ordena el terreno para los otros tres. De los cuatro da demostraciones. Estos principios suscitan diversos problemas que todavía ocupan a la filosofía de la física. Me propongo considerar aquí los más importantes, en relación con cada principio.

[En adelante, la ‘*Crítica*’ de Kant designa la *Crítica de la razón pura*; diré ‘1781’ para referirme a su primera edición y ‘1787’ para referirme a la segunda].

## 1

En 1781, el principio general de las Analogías es éste: “Todos los fenómenos están sometidos a priori, en su existencia, a reglas de la determinación de sus relaciones mutuas en un tiempo único” (pp. 176-77). En 1787, en cambio, reza así: “La experiencia sólo es posible mediante la representación de una conexión necesaria de las percepciones”. La primera versión expresa de un modo general la función de los tres principios especiales.

Pero la demostración del principio general, agregada en 1787, conduce a la segunda versión.

He aquí un resumen de la demostración: En la experiencia, las percepciones se asocian casualmente y no revelan por sí solas la presencia de una conexión necesaria entre ellas. “La aprehensión es sólo un reunir lo múltiple de la intuición empírica” y no incluye “una representación de la necesidad de la existencia conexa en el espacio y el tiempo de los fenómenos que reúne”. Sin embargo, como la experiencia es conocimiento de *objetos* mediante percepciones, las relaciones pertenecientes a la existencia de lo múltiple tienen que representarse en la experiencia no como lo múltiple está meramente asociado en el tiempo, sino como es en el tiempo *objetivamente*. Como el tiempo mismo no puede percibirse, “la determinación de la existencia de los objetos en el tiempo sólo puede efectuarse combinándolos en el tiempo en general, y por ende sólo mediante conceptos enlazantes a priori”. Tales conceptos “siempre conllevan necesidad, de modo que la experiencia sólo es posible mediante una representación de la conexión necesaria de las percepciones” (1787, p. 219).

El sentido de este argumento resultará más claro cuando hablemos de la causalidad. Pero desde ya podemos preguntarnos qué clase de necesidad es esa que, según Kant, debe estar presente en la experiencia. Conviene distinguir tres niveles de necesidad. (i) Según la deducción trascendental de las categorías, es *necesario*<sub>1</sub> que la multiplicidad sensible pueda ser unificada por el entendimiento en una experiencia espacio-temporal única, coherente y consciente de sí. (ii) Si la tabla kantiana de las categorías es, como él pretende, completa y definitiva, es *necesario*<sub>2</sub> que la síntesis de la multiplicidad sensible que es necesariamente posible por (i) produzca casos particulares de sus categorías o de conceptos derivados de ella. (iii) Si un ente cualquiera —sea una cosa o un suceso o un sistema de cosas o sucesos— es un caso particular de un concepto específico, es *necesario*<sub>3</sub> que dicho ente posea todos los atributos implicados por este concepto. En

particular, si un ente  $E$  se manifiesta a través de una multitud de fenómenos  $f_1, \dots, f_n$ , y se requiere que exista una conexión  $\lambda_{hk}$  entre  $f_h$  y  $f_k$  para que  $E$  sea un caso particular de un concepto  $C$ , entonces  $\lambda_{hk}$  es, por cierto, una conexión *necesaria* si  $E$  es efectivamente un caso particular de  $C$ .

Nótese que *todos* los conceptos conllevan necesidad de este tercer nivel, aunque no se deriven de las categorías de Kant. Así, si algo es clasificado correctamente como un mamífero saludable *necesariamente* contiene un corazón saludable; si un suceso es descrito correctamente conforme a la física de partículas contemporánea como una colisión entre un electrón y un positrón entonces *necesariamente* de él emana radiación. La *necesidad*<sub>3</sub> suele caracterizarse desdeñosamente como mera necesidad “verbal”, en parte, sin duda, porque es tan abundante y ostensible, pero también porque, al depender de la aplicación correcta de los conceptos, no tiene una garantía de certeza. Los conceptos del sentido común suelen ser vagos y tienen un débil asidero en sus realizaciones. La salud de un mamífero puede fallar de súbito, por ejemplo, si se le para el corazón. La ciencia procura trabajar con conceptos bien definidos y estables. Si dos objetos de veras son lo que la física actual llama un electrón y un positrón es *inevitable* que, al encontrarse, se fundan en un chorro de radiación. Sin embargo, aún en este caso persiste cierta incertidumbre por cuanto los sistemas conceptuales de la física se revisan sin cesar.

Estoy convencido de que la necesidad natural, según se la entiende en la física moderna, es simplemente *necesidad*<sub>3</sub> y que la apariencia de que sea otra cosa más fuerte y más difícil de concebir se debe a la riqueza de los conceptos físicos, la complejidad de sus realizaciones, y el firme asidero que aquéllos adquieren sobre éstas merced a la experimentación y la medición. Pero Kant no compartía esta convicción. Como veremos luego, argumenta prolijamente para probar que la constitución de la experiencia en el tiempo tiene que gobernarse por las tres categorías de la relación. Con ello, reclama *necesidad*<sub>1</sub> para estos tres conceptos, no para los conceptos en general. Como miembros

de la tabla kantiana, las tres categorías de la relación poseen necesidad<sub>2</sub> y no admiten sustitutos. La necesidad que conllevan y que sus casos particulares despliegan en la experiencia es, por cierto, necesidad<sub>3</sub>, pero Kant pensaba al parecer que tal necesidad<sub>3</sub> no estaría asegurada a menos que los conceptos que la traen consigo se requieran específicamente para la posibilidad de la experiencia (con necesidad<sub>1</sub>) y pertenezcan al pequeño inventario permanente de los conceptos primordiales del entendimiento humano (con necesidad<sub>2</sub>)

## 2

La Primera Analogía o “Principio de la Permanencia de la Sustancia” dice así: “En todo cambio de los *fenómenos*, permanece la *sustancia*, y su *quantum* no aumenta ni disminuye en la naturaleza” (1787, p. 224).<sup>1</sup> La demostración de Kant es notable. “Todos los fenómenos están en el tiempo”, y sólo en él podemos representarnos su coexistencia y sucesión. El tiempo, pues, permanece inalterado y la sucesión y coexistencia “sólo pueden representarse como determinaciones suyas”. El tiempo, empero, “no puede percibirse por sí mismo”. Por lo tanto, “en los objetos de la percepción, es decir, en los fenómenos, tiene que hallarse el sustrato que representa al tiempo en general, y en el cual todo cambio o coexistencia puede percibirse por la relación de los fenómenos con él” (p. 225). Kant explica que “el sustrato de todo lo real, vale decir, perteneciente a la existencia de las cosas, es la *sustancia*”. Por consiguiente, lo permanente en relación con lo cual únicamente pueden determinarse todas las relaciones temporales de los fenómenos, es la sustancia en el fenómeno, esto es, lo real de éste, lo cual como sustrato de todo cambio permanece

---

<sup>1</sup> El enunciado de la Primera Analogía en 1781 no hace mención de una cantidad fija: “Todos los *fenómenos* contienen lo permanente (*substantia*) como el objeto mismo, y lo mudable como su mera determinación, esto es, como un modo como el objeto existe” (1781, p. 182).

siempre idéntico. Como no puede cambiar en cuanto a su existencia, su cantidad en la naturaleza no puede aumentar ni disminuir” (p. 225).

Esta demostración crea un problema a los intérpretes de Kant. No puedo examinarlo aquí pero vale la pena dejarlo planteado. Como es sabido, Kant profesa la existencia de cosas en sí, independientes de la experiencia humana, cuya verdadera naturaleza no puede conocerse por sus manifestaciones en el espacio y el tiempo. Como dice en los *Prolegómenos*, § 32: “De hecho, cuando consideramos a los objetos de los sentidos, como es justo, como meros fenómenos, *concedemos a la vez con ello que una cosa en sí les subyace*, aunque no conocemos como está constituida en sí misma, sino sólo su apariencia, esto es, el modo como nuestros sentidos son afectados por este ente desconocido” (cursiva mía). Ahora bien, la demostración kantiana de la Primera Analogía da al traste con esta tesis de Kant: las apariencias sensibles cambiantes tienen, sí, que “deletrearse” como manifestaciones de un sustrato subyacente para “leerlas” como experiencia; pero ese sustrato es justamente el representante conceptual del tiempo —forma universal de nuestra sensibilidad— y no es nada aparte de su rol como referente fijo “en relación con lo cual únicamente pueden determinarse todas las relaciones temporales de los fenómenos”.<sup>2</sup>

Pero debemos atender a otros problemas, más directamente pertinentes a la física. Supongamos que la constitución de la experiencia en el tiempo requiere efectivamente que atemos el flujo caleidoscópico de los fenómenos a una sustancia permanente. Todavía cabría preguntarse ¿por qué su permanencia tiene que manifestarse como una *cantidad* que

---

<sup>2</sup> La metáfora de *leer* y *deletrear* se halla en Kant 1781, p. 314; 1783, § 30. La demostración kantiana de la Primera Analogía concuerda bien con la conocida observación de Locke sobre nuestra “noción de una pura substancia en general” y contribuye a aclararla. Según Locke, quienquiera examine esta noción “hallará que no tiene de ella otra idea que una suposición de no sabe qué soporte de tales cualidades que son capaces de producir ideas simples en nosotros” (1690, II.xxiii.1). Obviamente, tal idea no puede provenir de impresiones sensoriales.

se conserva?<sup>3</sup> Me parece que la respuesta a esta pregunta debe buscarse en la identificación kantiana de “la sustancia en el fenómeno” con “lo real de éste”. Pues, según Kant enseña en una sección anterior de la *Crítica*, “en todos los fenómenos, lo real [ . . . ] tiene una magnitud intensiva, es decir, un grado” (1787, p. 207). Con todo, la primera analogía afirma la conservación de una sola cantidad física, descrita cautelosamente como el *quantum* de sustancia; en cambio, en la sección dedicada a la magnitud intensiva, se mencionan distintos tipos de cualidades sensibles como poseyendo grados que se sitúan en diferentes escalas, de suerte que tendría que haber más de una cantidad física en este sentido (vgr. temperatura, altura acústica, saturación cromática, etc.). Cabe replicar que estos son grados de *sensación*, no de *realidad*. La realidad, dice Kant, es “aquello que corresponde a la sensación” (1787, p. 182), y repetidamente la llama “materia” (1787, pp. 34, 182, 609f.; 1786, en Ak. IV, 481). De hecho, el propósito de la filosofía natural mecanicista era explicar toda la variedad y el cambio de las sensaciones por la distribución y redistribución de la materia sola y Kant, en su período crítico, al parecer, compartía este propósito. Según esto, el *quantum* de sustancia que, de acuerdo con Kant, no puede aumentar ni disminuir en la naturaleza no es otra cosa que lo que Newton llamaba *quantitas materiae*, o sea, la *masa* (inercial y gravitacional). Aunque Kant no lo hace explícito ni en la demostración de la Primera Analogía ni en los comentarios que le siguen, se refiere ya en 1781 a cálculos químicos de su época basados en la conservación de la masa como a un ejemplo vivo del uso de la Primera Analogía (1781, p. 185; véase la nota 3). Luego, en su libro *Principios metafísicos de la ciencia natural* (1786) equipara “la cantidad de materia” o “masa” con “el conjunto de todo lo móvil presente en un espacio

---

<sup>3</sup> Como señalé en la nota 1, en el enunciado de la Primera Analogía en 1781 no se mencionaba un *quantum* de sustancia. Sin embargo, ya entonces (1781, p. 185) Kant ilustraba la Primera Analogía con la historia del químico que calculó el peso del humo restando el peso de las cenizas del peso original de la leña.

determinado” (Ak. IV, 168), y deriva el siguiente teorema, que relaciona directamente con la Primera Analogía

*Primera Ley de la Mecánica.* En todas las variaciones de la naturaleza corporal la cantidad total de materia permanece igual, sin aumento ni disminución.

(Kant, Ak. IV, 172)

¿Por qué, entonces, evita Kant tan cuidadosamente el término ‘materia’ en la sección sobre la Primera Analogía? Kant hace un distinguido entre (i) la “filosofía trascendental”, que no recibe información de los sentidos y estudia, independientemente de cualquier objeto particular de la experiencia, “las leyes que hacen posible el concepto de naturaleza en general”, y (ii) la “metafísica de la naturaleza corporal”, que da por sentado “el concepto empírico de materia” e investiga hasta qué punto su objeto puede conocerse a priori (1786, en Ak. IV, 469f.). La Primera Analogía pertenece a la filosofía trascendental; la “Primera Ley de la Mecánica” es su aplicación a la metafísica de los cuerpos. Kant habría sido consecuente, pues, cuando se abstuvo de nombrar a la materia al hablar de aquella. Pero, el concepto *abstracto* de materia que está en juego aquí ¿es acaso de veras un concepto *empírico*? Conforme a la definición de Kant, la materia sólo puede conocerse a través de las sensaciones, o sea, empíricamente; pero ello no implica que el *concepto* ‘materia’ sea empírico. Hay un paralelo perfecto entre la definición kantiana de la *materia* de los fenómenos como “aquello que corresponde a la sensación” (1787, p. 34) y su caracterización de la *realidad* en los fenómenos como “aquello que, en la intuición empírica, corresponde a la sensación” (1787, p. 209). Y, como hemos visto, la demostración de la Primera Analogía pende de la identificación de lo permanente con “lo real [en el fenómeno], lo cual como sustrato de todo cambio permanece siempre idéntico” (1787, p. 225). Con todo, habría que distinguir quizás entre el concepto completamente abstracto de materia en la definición recién citada y el concepto más estrecho que sirve de punto de partida a la “metafísica de la naturaleza corporal”. En este último sentido la

materia es caracterizada como “aquello que en la intuición externa es objeto de sensación” y especificada luego como “lo móvil” que “llena el espacio” y “en cuanto móvil, posee fuerza motriz” (1786, in Ak. IV, 481, 480, 496, 536). Quizás este concepto de materia como objeto del sentido *externo* sea en efecto empírico. No obstante, según Kant, sólo la materia *así entendida* puede proporcionar la realidad permanente requerida por la Primera Analogía. Pues, como alega en la “refutación del idealismo”,

Toda determinación del tiempo presupone algo *permanente* en la percepción. Pero lo permanente no puede ser una intuición en mí. Pues todos los fundamentos para la determinación de mi existencia que pueden encontrarse en mí son representaciones y requieren, como tales, algo permanente distinto de ellas en relación con lo cual pueda determinarse su cambio y, con ello, mi existencia en el tiempo en el cual cambian.

(Kant 1787, p. 276, corregido en la p. xxxix)

Por lo tanto “no tenemos nada permanente que podamos subsumir como intuición bajo el concepto de sustancia, excepto únicamente la *materia*” (1787, p. 278) entendida, por cierto, como el objeto del sentido externo.

Además del principio de conservación de la masa, la física matemática ha adoptado, desde sus comienzos, varios otros principios de conservación. Debido a su alcance universal, la evidencia empírica en su favor a menudo ha parecido inadecuada, así que ha existido una tendencia a justificarlos por la sola razón. Descartes derivó su principio de la conservación del movimiento de la inmutabilidad de Dios, y Leibniz defendió la conservación de la “fuerza” (hoy diríamos ‘energía’) basándose en que no es posible obtener algo a cambio de nada. Cuando Kant publica su *Crítica* había tres principios de conservación bien establecidos en la mecánica: ( $\alpha$ ) conservación del momento cinético, ( $\beta$ ) del momento angular y ( $\gamma$ ) de la energía mecánica. En virtud de un teorema matemático demostrado por Emmy Noether (1918) se puede probar que estos principios se deducen



de las simetrías del espacio euclidiano ( $\alpha$  &  $\beta$ ) y del tiempo newtoniano ( $\gamma$ ).<sup>4</sup> Desde un punto de vista kantiano ortodoxo el teorema de Noether procura una perfecta justificación a priori para estos tres principios. (Hoy día, empero, argüiríamos, mediante ese teorema, *en pro de* la adopción de tal o cual grupo de simetría *a partir de* la evidencia empírica que se haya podido recoger a favor de los principios de conservación correspondientes.)

Aunque el pensamiento de Kant sobre la constitución de la experiencia humana se orientaba sobre todo hacia la fundamentación racional de la física, también pretendía aplicarse a la experiencia precientífica descrita en lenguaje corriente. Ahora bien, en el habla cotidiana —al menos en castellano y otras lenguas europeas— referimos los aspectos rápidamente cambiantes de la experiencia sensible a *cosas* más o menos estables. Pero éstas son muchas, no sólo una, como parecería sugerir la demostración kantiana de la Primera Analogía.<sup>5</sup> Y aunque normalmente duran muchísimo más que sus fugaces estados,

---

<sup>4</sup> La conservación del momento cinético es una consecuencia de la homogeneidad del espacio (invariancia de las relaciones espaciales bajo translación en cualquier dirección), la conservación del momento angular es una consecuencia de la isotropía del espacio (invariancia de las relaciones espaciales bajo rotación en torno a cualquier punto), y la conservación de la energía mecánica —en un sistema mecánico conservador— es una consecuencia de la homogeneidad del tiempo (invariancia de las relaciones temporales bajo traslación). Véase Landau y Lifschitz 1960, Cap. III. Se hallará una prueba muy legible del Teorema de Noether en Lovelock y Rund 1975, pp. 201-206.

<sup>5</sup> En la sección sobre la Primera Analogía Kant usa casi siempre la palabra ‘substancia’ (*Substanz*) en singular. Aparece en plural (*Substanzen*) sólo hacia el fin, en las dos oraciones siguientes: “La alteración, entonces, sólo puede percibirse en substancias”, y “Las substancias (en el fenómeno) son el substrato de todas las determinaciones del tiempo” (ambas en 1787, p. 231). La próxima mención de ‘substancia’, al comienzo de la demostración de la Segunda Analogía, es decididamente monista: “Todos los fenómenos en la sucesión del tiempo son sólo *alteraciones*, esto es, un sucesivo ser y no ser de los atributos de la substancia que permanece” (1787, p. 232). Pero en la sección sobre la Tercera Analogía Kant habla persistentemente de *substancias* que interactúan (en plural). De hecho, su demostración de la Primera Analogía es perfectamente compatible con una pluralidad de substancias si *lo permanente* consta en último término de corpúsculos indivisibles, no generados e indestructibles, esto es, de *átomos*. Pero Kant en su edad madura rechazaba el atomismo en todas sus formas, incluso la monadología dinámica que favoreció en su juventud. Concebía la materia como un continuo cuya

ciertamente no son eternas. Así, el uso ordinario respalda la categoría filosófica de sustancia-y-atributo pero no concuerda con el tratamiento kantiano de la misma. Kant llegó al extremo de decir que si hubiera sustancias que nacen y otras que perecen, esto “destruiría la condición única de la unidad empírica del tiempo, y los fenómenos estarían referidos a dos tiempos diferentes en que la existencia fluiría paralelamente, lo cual es absurdo” (1787, pp. 231f.). Hallo difícil imaginarse un aserto filosófico más obviamente disparatado. Las cosas duraderas pueden —como Kant requiere— representar el tiempo permanente único aunque no sean eternas. Basta que interactúen mutuamente en grupos que parcialmente se traslapan y que, por así decir, se turnan en la faena de guardar la identidad y continuidad del tiempo. No espero que mi reloj dure para siempre; pero el tiempo que marca no tiene que acabarse con él; puede seguir marcándolo mi próximo reloj, con tal de que haya un tercero que coexista por un rato con cada uno, se compruebe que está sincronizado con el primero y se utilice para “poner” el segundo.

### 3

Aunque no aceptemos la teoría kantiana del entendimiento, consentiremos de buen grado en que la categoría *substancia-y-atributo* está firmemente arraigada en el lenguaje cotidiano, manifestándose en la estructura sujeto-predicado de las oraciones simples; que aparece también, apenas modificada, en la concepción física clásica de la materia cuya cantidad se conserva a través de sus múltiples cambios de estado; y que la tesis de Kant de que la *substancia* funciona en la constitución de la experiencia como un representante tangible del tiempo es, si no verdadera, al menos digna de consideración. Al pasar a la categoría *causa-y-efecto* las cosas se complican. Es claro que continuamente empleamos

---

presencia en el espacio se representa mediante un campo escalar cuyo valor —la *densidad*— puede variar gradualmente de punto en punto. Tal concepción de la materia puede sin duda expresarse en vocabulario pluralista, pero una formulación monista suena mucho más natural.

una categoría así en el análisis e interpretación de los sucesos corrientes, para describir los cuales tenemos a mano una lista abundante de verbos causales.<sup>6</sup> Por otra parte, a menudo nos hablan de un ‘principio de causalidad’ que imperaba en la física matemática hasta que supuestamente fue destronado por la Mecánica Cuántica, pero que todavía podría ser restaurado si la “interpretación causal” de la Mecánica Cuántica por David Bohm tuviera éxito. Sin embargo, como veremos, entre el concepto cotidiano de relación causal y las aplicaciones del susodicho principio físico hay incongruencias que mueven a pensar que la palabra ‘causalidad’ en el nombre de éste es producto de una confusión (y fuente de otras, puesto que la física, en su práctica experimental, no puede prescindir del concepto cotidiano). Debido en parte a estas incongruencias, la Segunda Analogía de la Experiencia, concebida por Kant como un fundamento común del principio físico y del concepto corriente, en definitiva no da cuenta ni del uno ni del otro. Para motivar lo que digo resumiré la demostración kantiana de la Segunda Analogía y luego examinaré la relación de ésta con la noción ordinaria de causa-y-efecto y con el llamado “principio de causalidad” de la física clásica.

En 1787, la Segunda Analogía se denomina “Principio de la sucesión temporal conforme a la ley de causalidad” y se formula así: “Todas las alteraciones ocurren de acuerdo con la ley de la conexión entre causa y efecto” (1787, p. 232). En 1781 se titulaba “Principio de generación” y decía así: “Todo lo que ocurre (empieza a ser) presupone algo a lo que sigue *conforme a una regla*” (1781, p. 189). No obstante el gran cambio en la redacción, Kant creía al parecer que ambos textos eran semánticamente equivalentes, pues no reescribió en 1787 su análisis de la Segunda Analogía, sino que meramente antepuso al texto de 1781 dos párrafos nuevos, encabezados por la palabra “Demostración”. En ellos recuerda que conforme a la Primera Analogía todos los fenómenos que se suceden en el

---

<sup>6</sup> La lista siguiente se inspira en la propuesta en inglés por Anscombe (1971, p. 9): *raspar, empujar, mojar, acarrear, comer, quemar, tumbar, alejar, moler, hacer* (vgr. ruido, botes de papel), *berir*.

tiempo son sólo *alteraciones*, “es decir, un sucesivo ser y no ser de los atributos” de una substancia permanente. Luego argumenta así en pro de la Segunda Analogía (versión de 1787): Cuando percibo que dos fenómenos *A* y *B* se suceden conecto dos percepciones en el tiempo. Esta conexión no es un don de la intuición sensible sino “el producto de un facultad sintética de la imaginación” (1787, p. 233). Esta puede conectar los fenómenos de modo que *A* preceda a *B* o que *B* preceda a *A*. Como el tiempo mismo no se percibe, no es posible determinar cuál de los dos fenómenos ocurrió primero “en el objeto” comparando a ambos con el tiempo. Como el orden objetivo de sucesión no depende del modo como los fenómenos están dados a los sentidos y no puede derivarse de su relación con el tiempo, tiene que residir en nuestra captación intelectual del mismo: “La relación entre los dos estados tiene que *pensarse* de tal modo que *por ello* quede determinado como necesario cuál va primero y cuál más tarde, y no al revés” (p. 234; cursiva mía). El resto del argumento se limita a aplicar al caso especial de la sucesión temporal la demostración del principio general de las Analogías: “El concepto que conlleva una necesidad de la unidad sintética sólo puede ser un concepto puro del entendimiento que no reside en la percepción; y en este caso es el concepto de la *relación de causa y efecto*, en que aquélla determina a éste en el tiempo como su consecuencia” (p. 234).

Este concepto de causalidad como relación entre dos sucesos (esto es, dos fenómenos transitorios o “alteraciones”, como los llama Kant), uno de los cuales *necesariamente* sigue al otro conforme a una *regla*, proviene de Hume. El filósofo escocés sostuvo que, como la idea de conexión necesaria no surge de impresiones sensoriales, sólo puede reflejar nuestra tendencia compulsiva a pensar en la causa en presencia del efecto y a pensar en el efecto en presencia de la causa debido al hábito de percibirlos juntos. Para contrarrestar esta degradación de la necesidad física a necesidad psicológica Kant recurrió a su doctrina sobre la constitución por el entendimiento humano de una red de relaciones temporales objetivas en la naturaleza; pero aceptó el análisis de Hume de la relación causal casi

inalterado.<sup>7</sup> Sin embargo, ese análisis tiene muy poco que ver con nuestro concepto corriente de causa-y-efecto. La causalidad humeana es una relación entre *dos sucesos*, pero nuestros verbos causales normalmente admiten *personas* o *cosas* como sujetos.<sup>8</sup> En la causalidad ordinaria la causa suele preceder al efecto, pero puede muy bien llegar a existir junto con éste (como el recién nacido y su primer acto de respirar, conforme a algunas definiciones del nacimiento). En las averiguaciones causales que a diario nos ocupan buscamos saber (a) *quién* —o *qué*— es responsable de una cierta alteración en nuestro ambiente, o (b) qué efectos tiene que causar una *persona* para lograr —o impedir— un cierto estado de cosas. Las averiguaciones del tipo (a) apelan a las regularidades de la naturaleza, pero sólo para orientarse. Una persona *H* puede ser considerada responsable de un cambio *K* aun cuando efectos como *K* no se sigan *necesaria* o siquiera *regularmente* de actos como los ejecutados por *H*. Fulana es culpable de la muerte de Zutano si Zutano fue muerto por una bala que le disparó Fulana, aun cuando otras cuatro balas no hayan dado en el blanco o hayan ocasionado sólo heridas leves, y una sexta bala, disparada contra la acompañante de Zutano no lograra matarla porque ella reaccionó bien al tratamiento médico. Las averiguaciones del tipo (b) dependen, por cierto, críticamente de la regularidad de los fenómenos, sin la cual serían prácticamente inútiles. Pero aun en este

---

<sup>7</sup> Hay que recordar, sí, que según Hume la causa próxima tiene que ser contigua a su efecto. Kant deja de lado este requisito, presumiblemente porque el mismo excluye la acción instantánea a distancia.

<sup>8</sup> Véase la lista en la nota 6. Nuestro vocablo ‘causa’ se deriva del latín *causa*, que primeramente significa ‘causa judicial’ y de ahí también ‘alegato’, ‘excusa’, ‘pretexto’, ‘motivo’, ‘propósito’ y ‘razón’. Pero en la literatura filosófica latina ‘causa’ es la traducción estándar del griego *aitia*. Ahora bien, *aitia* en Aristóteles significaba ‘causa’ en una acepción tan amplia que algunos traductores modernos de Aristóteles la traducen como ‘explicación’; pero en griego corriente *aitia* significaba primariamente ‘responsabilidad’, generalmente en sentido negativo, o sea ‘culpa’ (pero también ‘mérito’—Esquilo, *Septem*, 4). El sustantivo *aitia* tenía una relación estrecha con el adjetivo *aitios*, ‘responsable’, ‘culpable’, y con el verbo *aitiaomai*, ‘acusar’, ‘reprochar’, ‘imputar’. *aitia* aparece por primera vez en Píndaro y Heródoto, pero *aitios* y *aitiaomai* son palabras corrientes y antiguas, que ya aparecen en Homero.

caso la necesidad no es una característica esencial de la relación causal. Considérese un agente  $A$  que, a la luz de una averiguación de este tipo, causa los efectos  $E_1, \dots, E_n$  para conseguir  $F$ . Si la conexión entre  $A$  y los efectos  $E$  fuese necesaria,  $A$  lisa y llanamente los habría causado, sin ponerse a hacer averiguaciones al respecto. En cuanto a la conexión entre los medios  $E$  y el fin  $F$ , claro que sería preferible que fuera necesaria, pero en la mayoría de los casos no lo es. Típicamente, habrá varios conjuntos de medios, en parte con elementos comunes,  $\mathcal{C}_1 = \{E_1, \dots, E_h\}$ ,  $\mathcal{C}_2, \dots, \mathcal{C}_r$ , y el agente  $A$  elegirá ejecutar uno de ellos tras estimar su respectivo *costo* y *probabilidad de éxito*. Si nunca nos resolviéramos a efectuar nada a menos que haya una conexión necesaria entre medios y fines no sería mucho lo que llegaríamos a hacer.

Poco se parecen, pues, la categoría de causa-y-efecto de Hume y Kant y el concepto homónimo de la vida real. Pero quizás Kant y Hume no estaban pensando en el concepto antropomórfico de causalidad que heredamos de nuestros antepasados prehistóricos, sino en el concepto científico envuelto en el “principio de causalidad” que dicen que rige la física clásica (y alegadamente se derrumbó con el advenimiento de la Mecánica Cuántica). En verdad, como mostraré luego, este principio se presta admirablemente para la función que Kant le asignaba a causa-y-efecto en la construcción de un orden temporal objetivo. Sin embargo, debido quizás a que Kant no quiso alejar sus categorías de la vida común y corriente,<sup>9</sup> su “ley de la conexión entre causa y efecto” no concuerda del todo con el “principio de causalidad” de los físicos. Este último no es más que un título breve y rimbombante para la siguiente característica común a los sistemas físicos clásicos (modelos de la mecánica de Lagrange o de Hamilton, o de la electrodinámica de Maxwell):

---

<sup>9</sup> Evidentemente, los conceptos de la vida común y corriente —“el macizo núcleo central del pensamiento humano que no tiene historia, o, por lo menos, no tiene una que se recuerde en las historias del pensamiento” (Strawson 1959, p. 10)— le dan a la visión kantiana de una razón invariable un respaldo más sólido que los frágiles conceptos de la ciencia.

La evolución de cualquiera de estos sistemas en el tiempo está gobernada por un sistema de ecuaciones diferenciales que, en virtud de sus propiedades matemáticas, normalmente posee soluciones únicas, en cuyo caso, si el valor exacto de ciertas magnitudes físicas está dado en un instante, todos los estados pretéritos y futuros del sistema están completamente determinados. El “principio de causalidad” de los físicos es, pues, un principio del determinismo,<sup>10</sup> y por lo tanto, según lo que ya se vio, es ajeno al pensamiento causal ordinario. Por cierto, un científico tiene perfecto derecho a usar la palabra ‘causalidad’ de modo que signifique precisamente lo que él quiere que signifique, ni más ni menos (piénsese en el uso de la palabra ‘vector’ en física y en epidemiología). Sin embargo, como el pensamiento causal del sentido común es un ingrediente constante e importantísimo en la vida del laboratorio, conviene evitar la confusión entre ‘causalidad’ y ‘determinismo’: al menos las intervenciones del experimentador en su equipo debieran provenir de una iniciativa suya y no estar determinadas desde tiempo inmemorial por la evolución de un sistema físico que los abarca a ambos.

Hay otras discrepancias entre el concepto de causa-y-efecto, en la acepción ordinaria y en la kantiana, y la idea de la evolución determinista de un sistema físico gobernado por ecuaciones diferenciales con soluciones únicas. Sea  $S$  un sistema así e intentemos describir su evolución en términos de causa-y-efecto. Para ello tenemos que considerar la causalidad, con Kant y Hume, como una relación entre *sucesos*, a saber, los estados de  $S$  en distintos momentos. El estado  $e_1$  de  $S$  en un momento dado  $t_1$  ciertamente “sigue conforme a una regla” a su estado  $e_0$  en algún momento anterior  $t_0$ . Pero ¿se puede decir, sin que suene artificioso, que  $e_0$  es la causa de  $e_1$ ? ¿Diríamos, por ejemplo, que el momento angular de la tierra en el presente instante y su posición relativa a las estrellas fijas (de donde veo al sol, elevado sobre el horizonte, avanzar hacia el poniente a 15 grados por hora) *causa* el momento angular y la posición que la tierra tendrá dentro de 10 horas

---

<sup>10</sup> Véase, por ejemplo, Frank 1932, pp. 30ff.; Hopf 1948, pp. 1-2.

(de donde veré al sol salir por el oriente)? Se trata quizás de un caso de causalidad indirecta, en que el estado de hoy causa el de mañana *a través de* todos los estados por los que pasará el sistema durante el tiempo intermedio. Sin embargo, cuando aseveramos en una conversación que *A* causa indirectamente a *B* se sobreentiende que pensamos que hay un efecto *C* que *A* causa directamente y que a su vez causa —directa o indirectamente— a *B*. Pero en la evolución bajo ecuaciones diferenciales de nuestro sistema *S* no hay ningún estado  $e_i$  que haya sido causado directamente por otro estado. Entre cualquier estado  $e_1$  y cualquier estado anterior  $e_0$  tiene que haber una serie innumerable de estados o su sucesión no estaría regida por ecuaciones diferenciales. Como esto vale también para  $e_0$  y *cada* estado entre  $e_0$  y  $e_1$ , ninguno de estos estados puede señalarse como efecto directo de  $e_0$ . El contraste entre el carácter discreto de las cadenas causales, según se las concibe de ordinario, y la continuidad de la evolución bajo ecuaciones diferenciales indujo a J. R. Lucas (1984, capítulo X) a presentar este último concepto no como una aplicación, sino como una “generalización” —en efecto, una extensión creativa— del pensamiento causal del sentido común. Pero aun este enfoque no se hace cargo de la discrepancia mayor. Si un sistema cerrado *S* evoluciona bajo ecuaciones diferenciales con soluciones únicas, el estado  $e$  de *S* en cualquier instante  $t$  determina todo estado  $e'$  de *S*, ya sea que  $e$  preceda o siga a  $e'$ . Y por cierto  $e'$  también determina a  $e$ . En otras palabras, la relación binaria ‘ $x$  determina a  $z$ ’, donde  $x$  y  $z$  son diferentes estados en la evolución de un sistema físico sujeto a ecuaciones diferenciales, es una relación *simétrica*; mientras que la relación ‘ $x$  causa a  $z$ ’ es *antisimétrica*: si  $x$  causa a  $z$  es falso que  $z$  causa a  $x$ .<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Antisimétricas son tanto la causalidad de sentido común como la humeana. Aquélla lo es porque los términos de la relación son heterogéneos: si  $x$  es culpable de  $\varkappa$ ,  $\varkappa$  no puede ser culpable de nada y  $x$  no es del tipo de cosas de que otra pudiera ser culpable. La causalidad humeana es una relación binaria entre sucesos, de modo que cualquiera de sus términos puede, en principio, ser causa o ser efecto; pero para que dos sucesos estén en esta relación es preciso que uno suceda al otro en el tiempo, y la sucesión temporal es por cierto una relación antisimétrica.



Por otra parte, cuando el físico logra concebir una serie de fenómenos como estados de un sistema que evoluciona bajo un conjunto de ecuaciones diferenciales con soluciones únicas, confiere a las relaciones temporales entre esos fenómenos un grado de necesidad inaccesible a otras formas de pensar. Se trata de necesidad<sub>3</sub> en el sentido de nuestro análisis anterior: El estado  $e_1$  sigue necesariamente al estado  $e_0$  al cabo del tiempo  $t_1 - t_0$  (si  $t_0 < t_1$ ) o es seguido por él al cabo del tiempo  $t_0 - t_1$  (si  $t_0 > t_1$ ), porque ambos estados yacen en la misma solución de dicho conjunto de ecuaciones, correspondiendo respectivamente a los instantes  $t_1$  y  $t_0$ . Si representamos las soluciones de nuestro conjunto de ecuaciones, como suele hacerse, mediante curvas en un espacio de suficiente número de dimensiones, vemos que  $e_1$  sigue o precede a  $e_0$  a la distancia temporal antedicha con el mismo género de necesidad que constriñe a dos rectas sobre el plano euclidiano  $\Pi$  a cortarse en algún punto de  $\Pi$  a menos que haya una tercera recta que sea perpendicular a ambas; con la necesidad que hace que el diámetro que pasa por los focos de una elipse sea igual a la suma de las distancias desde cualquier punto de la elipse a los focos. Si  $e_1$  no tuviera precisamente esa relación temporal con  $e_0$ ,  $e_0$  y  $e_1$  no podrían ser lo que el físico entiende que son, a saber, justamente esos estados de justamente ese sistema. La fuerza y el alcance de este género de necesidad se reconoce más fácilmente en el caso de las figuras geométricas sencillas del espacio tridimensional porque el concepto matemático de un sistema físico es tantísimo más complejo y es mucho más difícil establecer cuándo y en qué términos un conjunto dado de fenómenos puede considerarse un ejemplo suyo. En todo caso, la necesidad<sub>3</sub> que conllevan los conceptos clásicos de sistemas físicos sirve a la exigencia de un orden temporal objetivo de los fenómenos (que Kant plantea como necesaria<sub>1</sub>) mucho mejor que la presunta necesidad<sub>2</sub> de la categoría de causa-y-efecto. Pues ésta no sólo es problemática y susceptible de excepciones, como hemos visto. Aun cuando ella fuese aplicable en el sentido de Kant constituiría sólo una conexión arbitraria e ininteligible entre los términos que relaciona. Kant mismo lo concede cuando —

comentando sobre las Analogías de la Experiencia— compara el significado de ‘analogía’ en matemáticas y en filosofía. Una analogía matemática enuncia la igualdad de dos relaciones cuantitativas —dos razones— de modo que cuando tres de las cuatro cantidades en cuestión están dadas es posible “construir” la cuarta (si  $x$  es a  $p$  como  $q$  es a  $r$ , entonces  $x$  es igual a  $p$  multiplicado por  $q$  y dividido por  $r$ ). Pero una analogía filosófica asevera la igualdad de dos relaciones *cualitativas*, de suerte que “partiendo de tres términos dados sólo puedo conocer la *relación* con el cuarto, pero no *este* cuarto término; aunque tengo una regla para buscarlo en la experiencia y un criterio para encontrarlo allí” (1787, p. 222). Esto es bastante menos que lo que la física matemática nos procura. Piénsese en los astrónomos que, con tres o cuatro observaciones de un cometa recién descubierto, gracias a que lo conciben como parte del sistema solar (entendido como un sistema gravitacional newtoniano prácticamente cerrado), construyen su trayectoria para los próximos seis meses y entienden por qué no puede ser otra.

## 4

La Tercera Analogía rige la aplicación de la categoría de interacción. Como esta categoría es un invento de Kant, no hay un uso ordinario del cual su exposición filosófica pudiera discrepar. Atendamos, pues, al prototipo de la categoría en la física de Newton y a la función que Kant le asignó en la constitución de la experiencia.

El concepto kantiano de interacción está pensado para ajustarse a la relación entre dos cuerpos que se atraen mutuamente conforme a la Ley de Gravitación Universal de Newton. Esta relación es simétrica, aun cuando, si los cuerpos tienen masas desiguales,

ella afecta a cada uno de otro modo.<sup>12</sup> El texto de Kant sugiere a ratos que la interacción es sólo causalidad recíproca.<sup>13</sup> Pero la causalidad es antisimétrica: si  $x$  causa a  $z$ ,  $z$  no causa a  $x$ . Por lo tanto, ‘ $x$  interactúa con  $z$ ’, no puede, so pena de contradicción, significar lo mismo que ‘ $x$  causa a  $z$  y  $z$  causa a  $x$ ’. Por cierto, si  $x$  y  $z$  designan cuerpos que se atraen según la ley de Newton, ‘ $x$  interactúa con  $z$ ’ no quiere decir que ‘ $x$  causa a  $z$  y  $z$  causa a  $x$ ’, sino que ‘ $x$  causa un estado (de aceleración) o un cambio (de velocidad) en  $z$  mientras que  $z$  causa un (análogo) estado o cambio en  $x$ ’. Con todo, esta elucidación no sirve si la causalidad se entiende, con Hume, como relación entre *sucesos*, pues un suceso no es el tipo de cosa que sufre cambios o alcanza estados. Por ende, si el concepto kantiano de causalidad concuerda en este punto con el de Hume, no puede utilizárselo de este modo para elucidar su concepto de interacción. Es preferible tomar a Kant al pie de la letra cuando nos dice que la interacción es una *categoría*, esto es un concepto primario, irreducible, que no puede entenderse puramente en términos de otros conceptos.<sup>14</sup>

En la sección dedicada a la Tercera Analogía, Kant habla reiteradamente de la interacción como de una relación entre *substancias*. Ello concuerda bien con lo que he dicho pero al parecer plantea un problema relativo a la demostración de la Analogía. El enunciado de la Tercera Analogía, como el de las otras dos, cambió en 1787, pero en su

---

<sup>12</sup> Un mendrugo de pan y el planeta tierra se atraen mutuamente con fuerzas de exactamente la misma magnitud; pero sólo el mendrugo experimenta por ello una aceleración significativa, debido a que la aceleración es igual a la fuerza dividida por la masa y la masa de la tierra es tantísimo mayor que la del mendrugo. La interacción en el sentido de Kant evidentemente cubre también la atracción electrostática conforme a la ley de Coulomb y el intercambio de momento cinético en las colisiones elásticas. La Tercera Analogía se traduce, en los *Principios metafísicos de la ciencia natural*, en la siguiente versión de la Tercera Ley del Movimiento de Newton: “*Tercera Ley de la Mecánica*. En toda transmisión de movimiento, la acción y reacción son siempre iguales” (1786 in Ak. IV, 544).

<sup>13</sup> Por ejemplo, en el párrafo de Kant 1787 que comienza en la p. 261.

<sup>14</sup> Cf. la carta de Kant a Johann Schultz del 17 de febrero de 1784 (Ak. X, 366-68).

caso la demostración añadida en 1787 conviene al texto de 1781. El enunciado de 1781 era éste: “Todas las substancias, en cuanto existen simultáneamente, están en comunidad cabal (esto es, en interacción mutua)” (1781, p. 211). En 1787 fue reemplazado por éste: “Todas las substancias, en cuanto pueden ser percibidas en el espacio como simultáneas, están en interacción cabal” (1787, p. 256). En la demostración, Kant nos recuerda que decimos que dos cosas existen a la vez cuando la percepción de una puede seguir a la percepción de la otra y viceversa. “Así puedo dirigir mi percepción primero a la luna y luego a la tierra, o, a la inversa, primero a la tierra y luego a la luna; y porque las percepciones de estos objetos pueden alternativamente sucederse una a otra, digo que ellos existen simultáneamente” (1787, p. 257). Sin embargo, no podemos percibir el tiempo y aprender que dos cosas existen a la vez observando su colocación en él. Nuestra aprehensión de las cosas en el tiempo nos enseña que cada percepción está presente en el sujeto cuando la otra no lo está, y viceversa; mas no que los objetos son simultáneos, esto es, que cuando uno existe el otro también existe al mismo tiempo y que esto es necesario para que las percepciones puedan alternarse como lo hacen.

Por consiguiente, para decir que la secuencia alternante de percepciones se funda en el objeto y representarse así la existencia simultánea como objetiva requerimos un concepto puro de la secuencia alternante de las determinaciones de estas cosas existentes la una fuera de la otra a la misma vez. Ahora bien, la relación entre substancias una de las cuales tiene determinaciones cuyo fundamento está contenido en la otra es la relación de influencia, y cuando cada una contiene, recíprocamente, el fundamento de determinaciones de la otra, esta es la relación de comunidad o interacción. Por lo tanto, la existencia simultánea de substancias en el espacio no puede conocerse en la experiencia sino bajo el supuesto de una interacción mutua entre ellas. Por consiguiente, esta es también la condición de la posibilidad de las cosas mismas como objetos de la experiencia.

(Kant 1787, p. 257s.)

El problema con este argumento es que, a la luz del análisis kantiano de la Primera Analogía, si hay más de una substancia, tienen que ser todas contemporáneas, pues el nacimiento de algunas mientras otras perecen destruiría, según Kant, la unidad del tiempo. Por lo tanto, todas las substancias existen simultáneamente todo el tiempo, ya sea que interactúen o no. La Primera Analogía socava pues el argumento de Kant en pro de la Tercera y hace de ésta, en su versión de 1781, un principio completamente ocioso. Con todo, el texto de 1787 —“Todas las substancias, *en cuanto pueden ser percibidas* en el espacio *como simultáneas*, están en interacción cabal”— podría eludir este reproche si, con caridad hermenéutica, buscamos la clave de su significado en la cláusula ‘*en cuanto pueden ser percibidas . . . como simultáneas*’. Sólo percibimos a las substancias a través de sus estados transitorios y por ende sólo podríamos percibir las como existiendo al mismo tiempo si los estados a través de los cuales las percibimos ocurren simultáneamente. Entendida de este modo, la demostración kantiana de la Tercera Analogía puede reconstruirse así: La ocurrencia simultánea de un estado  $p$  de la substancia  $A$  y un estado  $q$  de la substancia  $B$  quedará establecida como un hecho objetivo sólo si  $p$  se funda en que  $B$  está en el estado  $q$  y  $q$  se funda en que  $A$  está en el estado  $p$ ; por lo tanto, a menos que todas las substancias estén en interacción cabal, la ocurrencia simultánea de sus estados no puede *conocerse* y, por ende, la existencia simultánea de las substancias mismas no puede *percibirse*.

Si esta demostración es válida, la simultaneidad de sucesos no contiguos presupone la interacción instantánea a distancia. Así, gracias al ingenio filosófico de Kant, el rasgo más discutible de la gravitación newtoniana se ha transformado en un prerrequisito del conocimiento empírico de objetos espaciales en el tiempo. Kant no tiene nada práctico que decir sobre la sincronización de sucesos distantes, la cual ciertamente no se podía establecer en su tiempo —ni tampoco ahora— mediante la observación de interacciones gravitacionales. Sin embargo, al mencionar la necesidad de un fundamento físico de la

simultaneidad objetiva, Kant probablemente contribuyó a motivar el tratamiento más fructífero de esta cuestión por Einstein en 1905.<sup>15</sup>

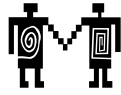
La Tercera Analogía completa la construcción kantiana de la naturaleza como campo de la experiencia humana. Termino, pues, aquí, con estas elocuentes palabras de Kant:

Por naturaleza (en sentido empírico) entendemos la conexión de los fenómenos en su existencia conforme a reglas necesarias, esto es, conforme a leyes. Hay pues ciertas leyes —leyes a priori— que hacen posible a la naturaleza. Las leyes empíricas sólo pueden operar y ser descubiertas mediante la experiencia y por cierto en consecuencia de esas leyes originales mediante las cuales la experiencia misma resulta posible. Nuestras analogías representan, pues, propiamente la unidad de la naturaleza en la conexión de todos los fenómenos bajo ciertas características que sólo expresan la relación del tiempo (en cuanto el tiempo comprende en sí toda existencia) con la unidad de la apercepción, la cual sólo puede lograrse en la síntesis conforme a reglas. Tomadas en conjunto las analogías dicen, pues, que todos los fenómenos se hallan —y tienen que hallarse— en *una* naturaleza, porque sin esta unidad a priori no sería posible la unidad de la experiencia ni, por lo tanto, la determinación de objetos en ella.

(Kant 1787, p. 263)

---

<sup>15</sup> Kant menciona expresamente la luz como un vehículo para propagar la simultaneidad, aunque tiene que haber sabido que la luz se trasmite con una velocidad finita: “Se advierte fácilmente en nuestra experiencia que sólo las influencias continuas en todos los lugares del espacio pueden conducir a nuestros sentidos de un objeto a otro; que la luz, que juega entre nuestros ojos y los cuerpos celestes, establece una comunidad mediata entre nosotros y ellos y de esto modo demuestra la existencia simultánea de éstos” (Kant 1787, p. 260).



## OBRAS CITADAS

- Anscombe, G. E. M. (1971). *Causality and Determination: An Inaugural Lecture*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Frank, P. (1932). *Das Kausalgesetz und seine Grenzen*. Wien: Julius Springer.
- Hopf, L. (1948). *Introduction to the Differential Equations of Physics*. Translated by W. Nef. New York: Dover.
- Kant, I. (Ak.). *Gesammelte Schriften*. Herausgegeben von der K. Preußischen, bzw. Deutschen Akademie der Wissenschaften. Berlin, 1902ff.
- Kant, I. (1781). *Critik der reinen Vernunft*. Riga: Johann Friedrich Hartknoch. (La primera mitad, que sufrió grandes modificaciones en la segunda edición, se reproduce en Ak. IV, 1-252).
- Kant, I. (1787). *Critik der reinen Vernunft*. Zweyte hin und wieder verbesserte Auflage. Riga: Johann Friedrich Hartknoch. (Texto reproducido en Ak. III, pp. 1-552).
- Kant, I. (1786). *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*. Riga: Johann Friedrich Hartknoch. (Texto reproducido en Ak. IV, 465-565).
- Landau, L. D. y E. M. Lifshitz (1960). *Course of Theoretical Physics*. Vol. I, Mechanics. Translated from the Russian by J.B. Sykes and J.S. Bell. Oxford: Pergamon Press.
- Locke, J. (1690). *An Essay concerning Humane Understanding*. In four books. London: Printed for Thomas Basset and sold by Edward Mory. (Publicación anónima; el nombre del autor se incluyó sólo a contar de la segunda edición).
- Lovelock, D. y H. Rund (1975). *Tensors, Differential Forms, and Variational Principles*. New York: Wiley.
- Lucas, J. R. (1984). *Space, Time and Causality: An Essay in Natural Philosophy*. Oxford: Clarendon Press.
- Noether, E. (1918). "Invariante Variationsprobleme". *Göttinger Nachrichten*. 1918: 235-257.
- Strawson, P. F. (1959). *Individuals: An Essay in Descriptive Metaphysics*. London: Methuen.