

Filosofía y ciencia: críticas al uso que hace Bergson del argumento de Boltzmann contra la reversibilidad del universo

Philosophy and science: critique of Bergson's use of Boltzmann's argument against the reversibility of the universe

Ronald Durán¹

RESUMEN

Este artículo busca comprender las relaciones e intercambios entre filosofía y ciencia, analizando un caso concreto: el uso que hace Bergson del argumento de Boltzmann contra la reversibilidad o recurrencia del universo ("paradoja de Zermelo"), apoyando indirectamente su concepción de la irreversibilidad del universo asentada en un *élan vital*. Criticamos que Bergson, en su interpretación, convierta en "imposibilidad absoluta" lo que Boltzmann asienta sólo como "imposibilidad práctica". Mostraremos que el filósofo francés distorsiona el argumento, dejando de lado dos puntos fundamentales: a) la particular posición epistemológica de Boltzmann respecto a las teorías científicas y su relación con la experiencia, b) el atomismo que sirve de base al argumento de Boltzmann, atomismo que Bergson rechaza. Concluiremos que el argumento de Boltzmann no es válido en el marco metafísico (epistemológico y ontológico) de Bergson. Esto contribuirá a una mejor comprensión de los problemas que surgen en los intercambios conceptuales entre ciencia y filosofía.

Palabras clave: Bergson, Boltzmann, irreversibilidad.

ABSTRACT

This paper seeks to understand the relationships and exchanges between philosophy and science by analysing a specific case: Bergson's use of Boltzmann's argument against the reversibility or recurrence of the universe ("Zermelo's paradox"). This argument is used by Bergson to indirectly support his conception of the irreversibility of the universe based on an *élan vital*. We criticize Bergson's interpretation that turns into an "absolute impossibility" what Boltzmann states only as a "practical impossibility". We will show that the French philosopher distorts the argument, leaving aside two fundamental points: a) Boltzmann's particular epistemological position with respect to scientific theories and their relation to experience, b) the atomism that serves as the basis for Boltzmann's argument, an atomism that Bergson rejects. We conclude that Boltzmann's argument is not valid in Bergson's metaphysical (epistemological and ontological) framework. We hope this paper contributes

¹ Profesor en el Departamento de Filosofía de la Universidad de Playa Ancha. Avenida Playa Ancha, 850, 2340000. Valparaíso, Chile. Email: ronald.duran@upla.cl.

to a better understanding of the problems arising in the conceptual exchanges between science and philosophy.

Keywords: Bergson, Boltzmann, irreversibility.

Introducción

Los intercambios entre disciplinas o áreas de estudio distintas constituyen uno de los aspectos cruciales en la elaboración y desarrollo de teorías y modelos del mundo. El intercambio, sin embargo, no resulta siempre fácil o fructífero, y conlleva muchas veces el uso de analogías apresuradas, carentes de matices, que se asientan sobre todo en la apelación a la autoridad de determinada disciplina o autor y que, en el peor de los casos, terminan por ahogar líneas de investigación determinadas. Comprender las condiciones que permiten un intercambio fructífero entre áreas de estudio diversas constituye aún una labor en desarrollo. Los años finales del siglo XIX y comienzos del XX ofrecen un rico panorama de intercambios que aún hoy resulta relevante, no sólo por los temas considerados (el valor de las leyes probabilistas, la interpretación mecánica de la segunda ley de la termodinámica, la comprensión de lo vivo y de la evolución, entre otras), sino también porque los principales actores aún vivían “entre disciplinas”, siendo a la vez científicos, filósofos, historiadores (por ejemplo: E. Mach, H. Poincaré, P. Duhem, entre otros). Ofrecen así un tejido rico en entrelazamientos, donde los conceptos y teorías viajan aún con cierta libertad. En este trabajo nos ocuparemos de un caso en particular: el uso que el filósofo francés Henri Bergson (1859-1941) hace de un argumento contra la recurrencia del universo del físico austriaco Ludwig Boltzmann (1844-1906). Uso que criticaremos y que pondrá de relieve las dificultades implicadas en el desplazamiento de conceptos y argumentos entre ámbitos teóricos diversos, que implican posiciones metafísicas (ontologías y epistemologías) distintas o incluso opuestas, como en el caso que estudiaremos.

En *La evolución creadora* (1907), Bergson, discutiendo el problema de la irreversibilidad y la segunda ley de la termodinámica, menciona la concepción cíclica y reversible del universo, muy en boga en la época. En un universo cíclico, la noción de irreversibilidad se anula, pues el cambio, o lo que Bergson denomina “mutabilidad”, se alterna, primero en la dirección de la disipación de energía, tal como lo estipula la segunda ley, y luego en el sentido contrario. Así, afirma Bergson: “Se podría suponer que el periodo en que estamos, y durante el cual va disminuyendo la energía utilizable, ha sido precedido de un período en el que la mutabilidad estaba en vía de crecimiento,

que, por otra parte, las alternativas de crecimiento y de disminución se suceden sin fin” (2007 [1907], p. 251). Esta concepción cíclica del universo encontraba apoyo en los argumentos sobre recursividad en sistemas mecánicos finitos demostrados en 1889 por el matemático francés Henri Poincaré². Bergson se opone a esta concepción cíclica o recursiva del universo, pues para él el universo es intrínsecamente irreversible y está conducido por un *élan vital* que da lugar a una creación continua de formas siempre nuevas (Bergson, 2007 [1907]; Durán, 2013, p. 64). Para rechazar la recurrencia, e indirectamente apoyar su propia concepción, Bergson usa el argumento con el que Boltzmann había respondido a la crítica que Zermelo, usando el teorema de Poincaré, le había dirigido a su interpretación probabilista de la irreversibilidad. Bergson afirma:

Esta hipótesis [del universo cíclico o recurrente] es teóricamente concebible, como se lo ha mostrado con precisión en estos últimos tiempos; pero luego de los cálculos de Boltzmann, es de una improbabilidad matemática tal que supera toda imaginación y que equivale, prácticamente, a la imposibilidad absoluta (Bergson, 2007 [1907], p. 251)³.

Bergson escribe estas palabras casi de paso y sin entrar en mayores detalles, sin justificar su afirmación nada trivial de que una “improbabilidad matemática” equivale prácticamente a una “imposibilidad absoluta”. Cuando consultamos directamente los “cálculos de Boltzmann”, esta afirmación adquiere toda su relevancia, pues encontramos allí sólo una imposibilidad *práctica*, no absoluta. A la vez, Bergson deja en la oscuridad el hecho fundamental de que Boltzmann basa sus cálculos en una concepción mecánica y atomista del universo, concepción que Bergson rechaza, y que sus argumentos hacen uso de probabilidades, no ofreciendo por tanto certidumbres absolutas. Cuando se consideran estos puntos, vemos que Bergson ha usado el argumento de Boltzmann de una manera descuidada y oportunista, distorsionando en cierta medida algunos de los puntos clave, y sin tomar en cuenta las condiciones que permitirían su traslado, sin pérdida de efectividad, al marco metafísico del *élan vital*. Veremos que este desplazamiento, en última instancia, resulta imposible.

² La demostración se encuentra en la clásica memoria de Poincaré “Sobre el problema de los tres cuerpos y las ecuaciones de la dinámica”, con el que obtuvo en 1889 el premio ofrecido por el rey de Suecia. Memoria original disponible en: https://www.fme.upc.edu/arxius/butlleti-digital/poincare/poincare_trois_corps.pdf. Posteriormente fue publicada en: *Acta Mathematica*, vol. 13, 1890, p. 1-270.

³ En francés el texto dice así: «Cette hypothèse est théoriquement concevable, comme on l’a montré avec précision dans ces derniers temps; mais, d’après les calculs de Boltzmann, elle est d’une improbabilité mathématique qui passe toute imagination et qui équivaut, pratiquement, à l’impossibilité absolue» (Bergson, 2009, p. 245).

1. El argumento de Boltzmann contra la reversibilidad del universo: imposibilidad práctica

Boltzmann fue uno de los pioneros en el planteo de una interpretación dinámica o mecánica de la irreversibilidad estipulada por la segunda ley de la termodinámica. Su interpretación adquiere su novedad y relevancia al conjugar los conceptos de entropía, probabilidad y desorden. Su trabajo más importante en la configuración de una imagen mecánica de la irreversibilidad lo constituye su artículo de 1872 “Weitere Studien über das Wärmegleichgewicht unter Gasmolekülen” [Otros estudios sobre el equilibrio térmico de las moléculas de gas] (Boltzmann, 1872). En este trabajo, Boltzmann ofrece un modelo mecánico y estadístico de colisiones que permite conocer el valor de las distribuciones de velocidades en el tiempo. Ofrece aquí la llamada “ecuación de Boltzmann” y el llamado “teorema H”, que aún hoy juegan un rol protagónico en las discusiones sobre la concepción dinámica de la segunda ley (Prigogine y Stengers, 1991).

Las ideas de Boltzmann se encuentran pronto con una primera objeción, en cierta medida insalvable, que pone de manifiesto la cuestión clave: no se puede derivar la irreversibilidad de la segunda ley de la reversibilidad de las leyes dinámicas fundamentales, no puede deducirse la irreversibilidad de la reversibilidad. Es la llamada “paradoja de reversibilidad” planteada por el físico austríaco J. J. Loschmidt en 1876. En respuesta a esta crítica, Boltzmann enfatiza el carácter probabilista de su interpretación de la segunda ley (1877), estableciendo así que la irreversibilidad equivale al paso de los estados menos probables u ordenados a los estados más probables o desordenados, y que el estado de equilibrio es el estado de máxima probabilidad o desorden. La consideración puramente probabilista pone en entredicho el carácter fundamental de la irreversibilidad, considerada en cierta medida ahora como una “mera ilusión” (Boltzmann, 1995, p. 446; Durán, 2013, p. 56).

En 1896, Boltzmann se encuentra con una nueva objeción, la que centrará aquí nuestra atención: la llamada “paradoja de recurrencia” o “paradoja de Zermelo”, planteada por el matemático alemán Ernst Zermelo. Según este teorema, un sistema mecánico aislado, compuesto de un número finito de partículas, volverá, necesariamente, a pasar tan cerca como se quiera de su estado inicial. Tal como afirma Poincaré en 1893: “Un mundo limitado sometido a las solas leyes de la mecánica volverá a pasar siempre por un estado muy cercano de su estado inicial” (Poincaré, 1893, p. 596). A partir de este teorema, Zermelo plantea una demostración que establece la imposibilidad de la irreversibilidad en un sistema mecánico, y por tanto la imposibilidad de una derivación mecánica de la segunda ley: “En tales sistemas los procesos irreversibles son imposibles” (Zermelo, 1896, p. 383). Parece quedar en entredicho así la fundamentación dinámica de la segunda ley planteada por Boltzmann, al tiempo que se reafirma como

consecuencia cosmológica una concepción cíclica y reversible del universo.

La respuesta de Boltzmann a las críticas de Zermelo se articula en cinco puntos principales. En primer lugar, aceptando la validez del teorema de Poincaré a nivel fundamental, es decir, a nivel de las partículas individuales que componen un sistema, no acepta la aplicación de Zermelo a la teoría de gases, pues no toma en cuenta adecuadamente que lo que se plantea es una teoría probabilista. En segundo lugar, Boltzmann enfatiza el carácter probabilista de su propuesta, que considera conjuntos de partículas y no cada una de ellas de manera individual: “La segunda teoría de la termodinámica es desde el punto de vista molecular solamente una ley estadística” (Boltzmann, 1896, p. 393). De esta manera, su teoría no contradice el teorema de Poincaré, no vuelve imposible la recurrencia a un estado muy próximo al estado inicial, sino sólo improbable. En tercer lugar, cuantifica esta improbabilidad, mostrando que es pequeñísima, “inconcebiblemente pequeña” (Boltzmann, 1995, p. 443), y que tiende a cero a medida que el número de partículas que componen un sistema tiende a infinito (Boltzmann, 1995, p. 443). Para hacer comprensible la improbabilidad de la que estamos hablando, Boltzmann utiliza algunas analogías, en un intento por hacer aprehensible por la imaginación lo que aparece como pensable pero no imaginable. Nos dice que la probabilidad de que dos gases mezclados se separen espontáneamente es muchísimo más pequeña que, por ejemplo: la probabilidad de que todos los habitantes de una ciudad cometan suicidio de manera accidental el mismo día, o de que todos los edificios de una ciudad se quemen al mismo tiempo (Boltzmann, 1995, p. 444). Estas situaciones parecen efectivamente “imposibles”, a tal punto que las compañías de seguro aceptan estos riesgos basándose en su extrema improbabilidad (Boltzmann, 1995, p. 444). ¿Por qué habríamos de preocuparnos de una improbabilidad muchísimo mayor aún? La teoría de Boltzmann no vuelve entonces imposible la recurrencia, en un sentido absoluto, sino sólo improbabísimamente. “La teoría de la probabilidad conduce, por lo tanto, al resultado (bien conocido) de que una recurrencia a un estado inicial no es matemáticamente imposible, y de hecho es esperable si el tiempo del movimiento es suficientemente largo” (Boltzmann, 1896, p. 396). Lo dicho aquí nos conduce al cuarto punto en la argumentación de Boltzmann: la improbabilidad de la recurrencia implica un tiempo extremadamente largo para su observación, tiempo que está más allá de toda experiencia posible:

Debería ser obvio que si un trillón de pequeñas esferas, cada una con una alta velocidad, están inicialmente reunidas en una esquina de un contenedor, con paredes absolutamente elásticas, luego de un tiempo muy corto habrá una distribución uniforme a lo largo del contenedor; y que el tiempo requerido para que todas sus colisiones sean compensadas unas con otras de tal

manera que todas vuelvan a la misma esquina, debe ser tan grande que nadie estará presente para observarlo (Boltzmann, 1896, p. 396).

Boltzmann calcula el tiempo necesario para una recurrencia (Boltzmann, 1896, p. 400). Este tiempo es enorme y “uno puede hacerse alguna idea de su magnitud notando que tiene muchos trillones de dígitos” (Boltzmann, 1896, p. 402). En sus *Vorlesungen über Gastheorie* [Lecciones sobre teoría de gases] (1896-1898)⁴, Boltzmann expresa en cifras esta “enormidad”:

Uno no debería imaginar [...] que dos gases en un contenedor de un 1/10 litro, inicialmente no mezclados, se mezclarán, y luego de unos pocos días se separarán, luego se mezclarán de nuevo, y así. Por el contrario, [...] no hasta un tiempo enormemente largo del orden de años, habrá alguna separación [unmixing] perceptible [noticeable] de los gases. Uno puede reconocer que esto es prácticamente equivalente a nunca (Boltzmann, 1995, p. 444).

Esta afirmación establece el último punto en la argumentación de Boltzmann contra la crítica de Zermelo y constituye la clave para entender el inadecuado uso del argumento por parte de Bergson.

En el argumento de Boltzmann, el tiempo de recurrencia es tan largo que resulta inobservable, y es por tanto equivalente a “nunca”, no en un sentido absoluto, sino sólo en un sentido práctico, en tanto puede ser descartado desde la perspectiva de quien elabora la teoría científica. Se trata por tanto de lo que podríamos llamar una “imposibilidad práctica”. Boltzmann no concibe la teoría como puesta en un punto de vista absoluto, sino implicando inextricablemente la perspectiva del sujeto que conoce, lo que éste puede conocer y observar efectivamente, su experiencia posible. No exige que una teoría científica dé cuenta de aquello que no es observable, sino sólo que esté de acuerdo con la experiencia. Su teoría, entonces, pide que sea juzgada por su ajuste con la experiencia y por las nuevas perspectivas teóricas y experimentales que abre, no por su precisión matemática absoluta respecto a un tiempo más allá de nuestra experiencia. El hecho de que para la recurrencia haya que esperar un tiempo tan largo “que vuelve ridículo cualquier intento de observarla” (Boltzmann, 1896, p. 396) indica que la teoría está en relación a la experiencia posible, pues no sólo nos dice que la observación de recurrencias (tales como la separación espontánea de gases mezclados, o el orden espontáneo de un sistema en desorden) está más allá de toda posibilidad práctica, sino que además lo demuestra matemáticamente (Boltzmann, 1896, p. 400).

La extrema improbabilidad del retorno a un estado inicial deja en evidencia el ajuste de su concepción probabilista de la segunda ley con la experiencia no sólo actual sino también posible u observable:

El hecho de que un sistema cerrado de un número finito de moléculas, cuando está inicialmente en un estado ordenado, y luego se dirige a un estado desordenado, finalmente después de un tiempo inconcebiblemente largo deba regresar de nuevo a un estado ordenado, no es por tanto una refutación sino de hecho una confirmación de nuestra teoría (Boltzmann, 1995, p. 443).

Si Zermelo quisiera demostrar que la interpretación probabilista de la irreversibilidad se contradice con la experiencia tendría entonces “que probar que la duración del periodo de tiempo después del cual el estado previo de un gas debe repetirse de acuerdo al teorema de Poincaré tiene una medida observable” (Boltzmann, 1896, p. 396). No se trata, por lo tanto, de imposibilidades *absolutas*, sino sólo de imposibilidades *prácticas*.

Ahora bien, al usar el argumento de Boltzmann, Bergson no toma en cuenta las dos cuestiones fundamentales que sustentan el argumento y que se contraponen en gran medida a su propia posición basada en el *élan vital*, a saber: la posición epistemológica de Boltzmann al plantear su argumento, y la concepción ontológica que lo sustenta, el atomismo.

2. Primera crítica a Bergson: cuestiones epistemológicas (conocimiento metafísico y conocimiento científico)

El primer punto que tenemos que considerar en la transformación operada por Bergson de la improbabilidad práctica de Boltzmann a una imposibilidad absoluta es el diferente marco epistemológico en el que se mueve: ¿qué implica conocimiento absoluto en Bergson y qué valor posee para él el conocimiento matemático o probabilístico?

Bergson toma el argumento de Boltzmann de las *Lecciones sobre teoría de gases*, en las que, tal como vimos, el físico austriaco se refiere al tiempo extremadamente largo de recurrencia como “prácticamente equivalente a *nunca*” (Boltzmann, 1995, p. 444), aunque aquí no ofrece la correspondiente demostración matemática. Ésta se encuentra en su respuesta a Zermelo (Boltzmann, 1896, p. 400). El término “prácticamente” tiene aquí, como vimos, un sentido preciso que im-

⁴ Boltzmann expone su argumento en tres secciones de la segunda parte de sus *Vorlesungen*: 88. Sobre el retorno de un sistema a un estado anterior; 89. Relación con la segunda ley de la termodinámica; 90. Aplicación al universo (Boltzmann, 1995, p. 443-448). Son estas justamente las secciones consideradas por Bergson, quien cita explícitamente la obra de Boltzmann (cf. Bergson, 2009, p. 490).

plica la relación de la teoría con la experiencia. No se trata de un “nunca” en sentido absoluto, sino sólo en sentido práctico. La recurrencia no es imposible sino sólo extremadamente improbable, superando toda posibilidad observacional. Bergson menciona el argumento afirmando que la hipótesis de la recurrencia o irreversibilidad del universo, “después de los cálculos de Boltzmann, es de una improbabilidad matemática tal que supera toda imaginación⁵ y que equivale, prácticamente, a la imposibilidad absoluta” (Bergson, 2007, p. 251). Se ha operado un deslizamiento sutil, pero fundamental, asentado en la utilización del término “prácticamente.” Se ha pasado de lo matemático a lo metafísico. Los cálculos de probabilidad adquieren un valor absoluto. El paso de la “improbabilidad matemática” a la “imposibilidad absoluta” aquí operado implica un cambio de marco epistemológico, que distorsiona el argumento de Boltzmann y lo vuelve ineficaz.

Al considerarlo como “imposibilidad absoluta,” Bergson nos dice que la teoría de Boltzmann nos entrega un conocimiento no sólo científico sino sobre todo metafísico. Para el filósofo francés absoluto es sinónimo de metafísico. ¿Qué implica este conocimiento y en qué se distingue del conocimiento científico? El conocimiento metafísico o absoluto implica para Bergson un acuerdo con la realidad misma en cuanto tal, la *durée*, asentado en dos puntos principales: un conocimiento cierto, no meramente probable o plausible; y un conocimiento obtenido mediante *intuición*, sin símbolos de por medio. Así, el ámbito al que Bergson ha desplazado el argumento de Boltzmann implica no ya meramente un acuerdo de teoría y experiencia, sino un acuerdo de teoría y realidad en cuanto tal, de ahí su carácter metafísico. Esto adquiere su relevancia al examinar los puntos antes mencionados, pues veremos que se oponen punto por punto con la posición de Boltzmann.

Para Bergson, el conocimiento propio de la metafísica es un conocimiento cierto, no meramente probable o plausible: “lo plausible no nos es suficiente. Queremos la certidumbre –la certidumbre tanto para la filosofía como para la ciencia. Y es por esto que dudamos en trazar una demarcación neta entre la ciencia y la filosofía” (Bergson, citado en Fagot-Largeault, 2008, p. 48). Bergson intenta posicionar el saber metafísico, propio de la filosofía, al mismo nivel que el saber de la ciencia, y para así lograrlo le parece crucial asentar su certeza:

La explicación que debemos considerar satisfactoria es aquella que se adhiere a su objeto: ningún vacío entre ellos [point de vide entre eux], ningún intersticio en el que pueda alojarse otra explicación; no le conviene más que a él, ni él se presta más que a ella. Tal puede ser la explicación científica. Exige la precisión absoluta y una evidencia completa o creciente. ¿Podría decirse otro tanto de las teorías filosóficas? (Bergson, 1963b, p. 1026).

Bergson concibe así el conocimiento tanto científico como metafísico desde la certidumbre⁶, rechazando toda posición convencionalista o “relativista” del conocimiento basado en símbolos: “Rechazamos las tesis sostenidas por los filósofos, aceptadas por los sabios [científicos], sobre la relatividad del conocimiento y la imposibilidad de alcanzar lo absoluto” (Bergson, 1963b, p. 1054).

El carácter absoluto del conocimiento metafísico viene dado para Bergson porque constituye una inmersión en la realidad misma (o si queremos en una experiencia interior) (Bergson, 1963b, p. 1064), una inmersión en la propia *durée*, a través de una fuente *sui generis* de conocimiento: la *intuición* (Bergson, 1963b, p. 1048). El conocimiento intuitivo, metafísico, se opone para Bergson al conocimiento meramente convencional que hace uso de símbolos, tal como ocurre en la matemática⁷. La metafísica alcanza su objeto de manera directa y simple, sin símbolos interpuestos, a diferencia de la matemática. Como dice Bergson: “La metafísica es, pues, la ciencia que pretende prescindir de símbolos” (Bergson, 1963a, p. 1188). Aunque reconoce que la ciencia y la metafísica pueden “tocar el fondo de la realidad” (Bergson, 1963b, p. 1054), la primera lo hace en cuanto posee un momento de intuición no meramente simbólico, como sucedería según Bergson en el “cálculo diferencial” (Bergson, 1963b, p. 1049), o en la segunda ley de la termodinámica, para él “la más metafísica de las leyes de la física” (Bergson, 2007, p. 250), porque “Nos señala, sin símbolos interpuestos, sin artificios de medida, la dirección en la que marcha el mundo” (Bergson, 2007, p. 250). De esta manera, el conocimiento científico podría ser también metafísico, absoluto, si más allá de los símbolos que usa indica el carácter de la realidad en cuanto tal, la propia *durée*. Bergson otorga

⁵ A pesar de la afirmación de Bergson de que la improbabilidad “está más allá de toda imaginación”, Boltzmann ofrece múltiples analogías e imágenes con las que intenta mostrar la imposibilidad práctica u observacional del tiempo requerido para una recurrencia (por ejemplo, Boltzmann, 1896, p. 402). En cierta medida, y de manera paradójica, quiere mostrar con imágenes la imposibilidad misma de imaginar o visualizar este tiempo, concebible, pero no experienciable. Bergson no menciona los esfuerzos de Boltzmann por volver “visible” lo invisible, lo inimaginable, aunque concebible. Esto es realmente curioso considerando sus esfuerzos equivalentes por hacer “visible” a través de imágenes la duración, intuible, pero no aprehensible por el intelecto, ni la imaginación.

⁶ Incluso cuando se refiere a su concepción de la metafísica como una ciencia progresiva sigue siendo la certidumbre el objetivo final: “Sobre el terreno de la experiencia, por el contrario, con soluciones incompletas y conclusiones provisionales, alcanzará una probabilidad creciente que podrá equivaler finalmente a la certidumbre” (Bergson, 1963a, p. 1065). Aunque la posición aquí expuesta parece cercana a la de Boltzmann, Bergson no logra incorporar el probabilismo como un elemento irreducible y esencial de las teorías, sino sólo como un paso a la certidumbre.

⁷ “Entra en toda medida un elemento de convención y es raro que dos magnitudes, que se dicen iguales, sean directamente capaces de superponerse entre sí. Aun es preciso que la superposición sea posible para uno de sus aspectos o de sus efectos, que conserve algo de ellas” (Bergson, 1963a, p. 1026).

al argumento de Boltzmann un valor metafísico, absoluto en cuanto reafirma la irreversibilidad estipulada por la segunda ley, en cuanto reafirma lo absoluto de esta ley matemática que coincidiría con el *élan vital* mismo que para Bergson es el fundamento de la irreversibilidad del universo. Para Boltzmann, por el contrario, como hemos dicho, la irreversibilidad es una cuestión de mera probabilidad, aunque en sentido práctico es equivalente a una ley necesaria como las leyes de la mecánica (Boltzmann, 1896, p. 392), y esto se basa en su concepción del conocimiento científico.

Boltzmann considera el conocimiento científico como meramente probable. Las teorías científicas son para él “imágenes” [*Bild*] o modelos de la realidad⁸, que tienen como fundamento no la certidumbre o precisión absoluta, o el completo ajuste con la realidad, sino que por el contrario siempre dejan “intersticios”, que obligan a una continua revisión e implican un ajuste siempre incompleto. Los nuevos métodos de la ciencia física a finales del siglo XIX, basados en modelos mecánicos que buscan una economía del esfuerzo (Boltzmann, 1986, p. 46), implican así “el abandono de la congruencia absoluta con la naturaleza” (Boltzmann, 1986, p. 54). Sin embargo, Boltzmann no considera estas imágenes o modelos como meras apariencias. Aunque no corresponden a la naturaleza de las cosas de manera completa, sí nos dicen algo cierto de ella. No se trata meramente de una descripción, sino de una explicación. “Muchos problemas son como la pregunta hecha a un pintor sobre qué cuadro se hallaba colgado detrás de la cortina. ‘La cortina es el cuadro’, replicó. ¿No será tal vez el velo que nos oculta la naturaleza de las cosas esa cortina pintada?” (Boltzmann, 1986, p. 59)⁹.

La justeza de la explicación radicarán en su capacidad de inferir lo que no se observa a partir de lo que se percibe:

Es precisamente la tarea fundamental de la ciencia, configurar imágenes que sirvan para representar una serie de hechos, con el fin de poder predecir, a partir de ellos, el curso de otros hechos similares. Naturalmente, es comprensible que la predicción

deba comprobarse además por medio de la experimentación. Probablemente será confirmada sólo en parte. Entonces existe la esperanza de poder modificar y perfeccionar las imágenes para que puedan satisfacer también a los nuevos hechos (Boltzmann, 1986, p. 119).

No es la evidencia de una intuición, más allá de los sentidos, lo que otorga su valor de conocimiento a la ciencia, sino su capacidad de previsión:

Inferimos la existencia de una cosa a través de las impresiones que obran sobre nuestros sentidos. Por tanto, se produce uno de los triunfos más bellos de la ciencia, cuando conseguimos inferir la existencia de un grupo de cosas que en gran parte han escapado a nuestra atención; así, el astrónomo consigue inferir casi con toda certeza, a partir de minúsculos trazos de luz, la existencia de innumerables cuerpos celestes, que superan en miles o millones de veces las dimensiones de nuestra tierra y que se encuentran a unas distancias tales que su mera representación nos produce vértigo (Boltzmann, 1986, p. 61).

Ahora bien, el argumento de Boltzmann contra la reversibilidad del universo se basa en símbolos y cálculos matemáticos, y no puede ser de otra manera, en tanto se trata siempre para Boltzmann de imágenes o modelos de la realidad, no de un acceso directo a lo real: “me parece que de una determinada área de hechos no es posible tener una descripción directa, sino solamente una imagen mental” (Boltzmann, 1986, p. 109). Niega así el conocimiento intuitivo o directo de lo real. Las teorías, en cuanto imágenes de lo real, son siempre mediatas y simbólicas.

Así pues, Bergson y Boltzmann se sitúan en perspectivas epistemológicas diametralmente opuestas. Bergson en la de la

⁸ “¿Qué es una teoría? [...] Soy de la opinión de que la tarea de la teoría consiste en la construcción de una imagen interna del mundo exterior, que al existir en nosotros debe servirnos como guía en nuestros experimentos y reflexión; es decir, hasta cierto punto, completando los procesos mentales, y realizando globalmente lo que ocurre en nosotros siempre que formamos una idea. Es una inclinación propia del espíritu humano hacer para sí mismo una representación semejante y ajustarla cada vez más al mundo exterior. Cuando a veces son necesarias fórmulas intrincadas para representar una parte que ha llegado a ser complicada, éstas quedan siempre como una parte de poca importancia, aunque sean expresiones de una gran utilidad” (Boltzmann, 1986, p. 86). “Yo llamo a la teoría una pura imagen mental interna; podemos ver hasta qué grado de perfección puede llevarse. Al estar sumergidos profundamente en la teoría, cómo podríamos evitar tomar las imágenes por lo que realmente existe. En este sentido debe haberse lamentado Hegel porque la naturaleza no puede desarrollar su sentido filosófico en toda su perfección. Así puede sucederle al matemático, que continuamente ocupado en sus fórmulas y deslumbrado por su propia perfección interna tome sus relaciones mutuas como realmente existentes y se aparte del mundo real” (Boltzmann, 1986, p. 89). Aquí Boltzmann parece expresar que las teorías en lo esencial pueden ser formuladas sin acudir a fórmulas o símbolos matemáticos, lo que se condice con su apelación continua a imágenes y analogías en sus exposiciones populares. Esto lo acercaría a la posición de Bergson respecto a la consideración de lo metafísico de algunas leyes físicas o matemáticas como la segunda ley de la termodinámica. No obstante, la consideración de las teorías como imágenes sigue implicando desde la perspectiva de Bergson un aspecto posterior a la intuición, en tanto las imágenes o los conceptos no la reemplazan, sino que permiten enfocar la atención (cf. Bergson, 1963a [1934]).

⁹ O también: “¿Consideraremos como una limitación de nuestro sentido de la vista que nadie pueda indicar qué cuadro se encuentra detrás de la cortina? Podremos conservar la palabra ‘explicación’, si alejamos desde el principio todos los prejuicios semejantes a éstos” (Boltzmann, 1986, p. 61).

intuición y lo absoluto, Boltzmann en la de la experiencia, las probabilidades y las excepciones inobservables. Para Boltzmann es una cuestión de teoría, como imagen de la realidad, de posibilidad de observación y de conocimiento matemático probable. Para Bergson es de metafísica, realidad misma, y conocimiento cierto o absoluto mediante intuición. Para que el argumento de Boltzmann no hubiera perdido efectividad llevado al marco epistemológico de Bergson, el filósofo francés tendría que haber demostrado que éste sigue siendo válido más allá de los cálculos o símbolos empleados. Sin embargo, es esto justamente lo que falta. A tal punto que Bergson ni siquiera cita el artículo donde se encuentra la demostración matemática del argumento, quedándose solamente con lo afirmado por Boltzmann en una lección “popular”, es decir, con el peso de su autoridad científica, usándola para reafirmar el valor de su propia posición metafísica. Al hablar Bergson de imposibilidad *absoluta*, sitúa el argumento de improbabilidad matemático o imposibilidad práctica de Boltzmann en un ámbito epistemológico completamente distinto, incluso opuesto, que hace que este argumento pierda efectividad. Al dejar de lado las bases epistemológicas del argumento de Boltzmann, Bergson lo distorsiona, intentando usarlo en su favor, pero sin mostrar que su marco metafísico es opuesto al que supone el argumento. Se apoya así en la autoridad científica más que en el valor demostrativo del argumento. Bergson no sólo distorsiona el argumento de Boltzmann haciéndolo perder efectividad y fuerza, sino que su énfasis en el conocimiento como cierto e intuitivo muestra que no comprende la novedad del enfoque epistemológico del físico austriaco; un enfoque que comprende el conocimiento científico desde la perspectiva de la incertidumbre, las imágenes y los modelos, y que resulta muy relevante hoy en día.

Ahora bien, la diferencia implicada entre imposibilidad práctica e imposibilidad absoluta no sólo implica posiciones epistemológicas distintas, sino también ontologías diversas. Boltzmann asienta su argumento en su concepción mecánica y atomista, posición que Bergson rechaza. Es lo que veremos a continuación.

3. Segunda crítica a Bergson: cuestiones ontológicas (el atomismo)

A la base de la interpretación probabilista que hace Boltzmann de la segunda ley de la termodinámica se encuentra una concepción mecánica y atomista del universo, y es esta concepción la que sirve de base al argumento contra la reversibilidad o la recursión. Sin ella el planteo de “improbabilidades matemáticas” sería imposible.

Para realizar sus cálculos Boltzmann necesita lo que se denomina hipótesis del “caos” o desorden molecular (Durán, 2013, p. 58), hipótesis que le permite plantear probabilidades independientes. Esto implica considerar, en cierta medida, como independientes las partículas que componen un sistema. Como afirma Boltzmann: “A pesar de las continuas influencias mutuas, cada molécula sigue su propio camino independiente, hasta cierto punto como si se tratase de un individuo autónomo” (Boltzmann, 1986, p. 65). Cada colisión entre partículas puede considerarse como independiente de las colisiones anteriores (Boltzmann, 1995, p. 41). Sin esta hipótesis básica “sería imposible probar los teoremas de la teoría de los gases” (Boltzmann, 1995, p. 41)¹⁰.

Bergson, al hacer uso del argumento del Boltzmann, deja en la sombra las consideraciones atomistas y mecánicas implicadas en él; y esto resulta aún más grave cuando tomamos en cuenta su rechazo tajante del atomismo (Conry, 2000, p. 227) y su afirmación de que el *élan vital* resulta necesario como explicación “extrafísica” de la irreversibilidad, justamente por la apelación de la física a los átomos:

En realidad el problema [de la irreversibilidad] es insoluble si nos mantenemos sobre el terreno de la física, pues el físico está obligado a atar la energía a partículas extensas, e incluso si no ve en las partículas más que reservorios de energía, permanece en el espacio: falsearía su papel si buscara el origen de esas energías en un proceso extra-espacial. Sin embargo, en nuestra visión, es allí efectivamente donde hay que buscarlo (Bergson, 2007, p. 251).

Bergson rechaza el atomismo en cuanto implica una coincidencia entre materia y espacio abstracto o geométrico, es decir, en cuanto se considera la materia como estática, sin duración, con sus partes completamente independientes unas de otras, independencia que Bergson rechaza (Bergson, 2007, p. 251). Así pues, Bergson rechaza la concepción clásica de la materia como *parte extra partes* (Bergson, 2007, p. 30). Para él “la materia tiende sin duda a la espacialidad, pero sus partes están sin embargo aún en estado de implicación y de compenetración recíproca” (Bergson, 2007, p. 200). Como afirma Capek:

De acuerdo a él, incluso el mundo físico es por su propia esencia un proceso de duración y como tal no puede estar compuesto de partes mutuamente externas. La propia realidad física es un flujo indiviso, cuyos constituyentes, en virtud de su mutua inmanencia, no son partes en el sentido usual de la palabra (Capek, 1971, p. 260).

¹⁰ “Cada molécula vuela de una colisión a otra tan lejos que uno puede considerar la aparición de otra molécula, en el lugar donde choca por segunda vez, con un estado de movimiento, como un evento completamente independiente (para los cálculos estadísticos) del lugar de donde vino la primera molécula (y de manera similar para el estado de movimiento de la primera molécula)” (Boltzmann, 1995, p. 41).

Como vemos, Bergson rechaza el atomismo justo por aquello que sirve a Boltzmann en su argumento, por su independencia. El no haber expresado esta diferencia crucial al momento de citar el argumento de Boltzmann resulta una grave distorsión, pues no solamente deja en la oscuridad que éste se asienta en el atomismo, sino también la implicancia para el argumento de su rechazo del atomismo. Hacerlo hubiera implicado rechazar el propio argumento, pues éste, sin el atomismo, pierde completo sentido y valor. Sin embargo, Bergson no tiene problema en mencionar el argumento y a renglón seguido negar el atomismo, sin mencionar en ningún momento que éste le sirve de base a aquél (Bergson, 2007, p. 251).

En su rechazo del atomismo, Bergson coincide con otros autores de la época, por ejemplo Mach, pero, al no considerar con cuidado la problemática que el atomismo planteaba en la propia ciencia, homogeneiza todas las posiciones, considerando a toda la física como igualmente atomista y mecanicista. No considera, por ejemplo, la peculiar posición de Boltzmann, quien plantea un atomismo *sui generis*, no un atomismo “ingenuo”, que postula la existencia de átomos en la realidad misma, sino que, desde su comprensión de las teorías como imágenes de la realidad, los átomos permiten construir modelos explicativos y la unificación de fenómenos y sistemas diversos, ofreciendo, al mismo tiempo, posibilidades de previsión. Se trata, por lo tanto, de lo que podríamos llamar un “atomismo metodológico”¹¹:

El atomismo nuevo, tomado como una imagen de la realidad, podía proveer de modelos muy sencillos haciendo inteligibles procesos complicados y cuya representación era bastante difícil, como los contenidos en el segundo principio de la termodinámica. Las imágenes atomísticas pueden unificarse fácilmente, ya que no son hipótesis ad hoc, sino ideas reguladoras para alcanzar una imagen general, lo más amplia posible, de los procesos naturales. Por todo esto fue partidario de una nueva visión mecanicista de la naturaleza, que quedó expresada en gran parte en su mecánica estadística (Ordoñez, 1986, p. 33).

El particular sentido del atomismo de Boltzmann queda de manifiesto en las analogías que ofrece como comparación:

Todas las observaciones apuntan a unas cosas de una pequeñez tal, que sólo millo- nes de ellas simultáneamente pueden exci- tar nuestros sentidos. Las llamadas átomos y moléculas [...] Es sólo una hipótesis que existan semejantes cosas diminutas cuya reunión forma cuerpos perceptibles por los sentidos, como es una hipótesis que lo que nosotros vemos en el cielo está producido por cuerpos tan grandes y lejanos; como, en definitiva, en su sentido estricto es sólo una hipótesis que fuera de mí existan otros hom- bres que sienten la alegría y el dolor, que existan animales, plantas y cuerpos mine- rales [...] Tal vez la hipótesis atomística sea desplazada por otras, tal vez ocurra, pero no es probable (Boltzmann, 1986, p. 61).

Desde esta perspectiva, la propia crítica de Bergson al atomismo hubiera adquirido un sentido distinto y más matizado. No se enfrentaría así a un supuesto atomismo ingenuo, sino a un atomismo metodológico. El propio Bergson no rechaza de hecho la existencia de “elementos físicos”, sino que el carácter de estos sea último, sólido y estático. Un conocimiento más cuidado del atomismo de Boltzmann le hubiera permitido matizar su crítica a la posición de los físicos de su época. De hecho, años después, él mismo encuentra en la física, en la mecánica cuántica, argumentos que apoyan su posición (Capek, 1971, p. 44):

Cuando comenzamos a escribir, la física no había realizado todavía los progresos deci- sivos que debían renovar sus ideas sobre la estructura de la materia. Pero convenci- dos desde entonces de que inmovilidad e invariabilidad no eran más que considera- ciones tomadas sobre lo móvil y lo sujeto a cambio, no podíamos creer que la mate- ria, cuya imagen sólida había sido obtenida por inmovilizaciones de cambio, percibidas entonces como cualidades, estuviese com- puesta de elementos sólidos como ella. Habríamos hecho bien en abstenernos de toda representación imaginada del átomo, del corpúsculo, del elemento último, fuese cual fuese: pero se trataba de una cosa que sirve de soporte a movimientos y a cam- bios, y por consiguiente que en sí misma

¹¹ “Las ecuaciones diferenciales de la fenomenología físico-matemática no son sino reglas para la formación y combinación de números y conceptos geométricos, y éstos no son más que representaciones mentales a partir de las cuales se pueden predecir las apariencias. Exactamente lo mismo vale para la representación del atomismo, de modo que en lo que se refiere a este aspecto no puedo encontrar la menor diferencia. En todo caso, me parece que de una determinada área de hechos no es posible tener una descripción directa, sino solamente una imagen mental” (Boltzmann, 1986, p. 109). Esta última afirmación distingue a Boltzmann de posiciones positivistas que consideran posible una descripción directa o inmediata de hechos. Para Boltzmann esto no es posible, y tanto la hipótesis atomista como las ecuaciones diferenciales constituyen imágenes o representaciones de la realidad. En este sentido las teorías son siempre simbólicas, tal como afirma Bergson de las teorías científicas. Siempre implican símbolos interpuestos. Ahora bien, tal como afirmaba Boltzmann respecto a que el velo de la realidad es la propia realidad, no es claro que su noción de imagen o representación pueda ser entendida como mera apariencia. Además, Boltzmann destaca que el propio planteo de las ecuaciones diferenciales implica elementos diferenciales que pueden considerarse como átomos. En este sentido el atomismo aparece como “inevitable” (Boltzmann, 1986, p. 110).

no cambia y que por sí misma no se mueve. Tarde o temprano, pensábamos, sería preciso renunciar a la idea de soporte [...] Tarde o temprano, pensábamos, la física será llevada a ver en la fijeza del elemento una forma de la movilidad. Ese día, es verdad, la ciencia renunciará probablemente a buscar una representación imaginada, siendo la imagen de un movimiento la de un punto (es decir, siempre de un minúsculo sólido) que se mueve. En realidad los grandes descubrimientos teóricos de estos últimos años han llevado a los físicos a suponer una especie de fusión entre la onda y el corpúsculo –diríamos mejor entre la sustancia y el movimiento (Bergson, 1963b, p. 1092).

En su uso del argumento de Boltzmann, Bergson deja de lado, como vemos, que éste se asienta en una concepción mecánica y atomista de la materia. La improbabilidad matemática de Boltzmann hace uso de argumentos probabilistas que necesitan una base atomista. Haberlo puesto de relieve hubiera obligado a Bergson a negar efectividad y relevancia a este argumento en su propio marco metafísico. No obstante, lo cita y lo utiliza como un argumento científico en favor de la irreversibilidad, que él asienta en el *élan vital*. Al mismo tiempo, al obviar la particular posición atomista de Boltzmann, y no considerar el debate sobre el atomismo que tenía lugar en la ciencia de la época, Bergson pierde la oportunidad de entrar en una discusión con mayor sustancia, que le hubiera permitido por ejemplo contrastar sus argumentos con los de Mach y otros “fenomenistas”.

Digamos, por último, que la diversidad de ontologías de Bergson y Boltzmann conduce a cosmologías completamente distintas. Para el primero, el universo es una continua creación de formas siempre nuevas, conducido por un impulso vital irreversible y que dura. Se trata de un universo vivo, en donde la vida no es la excepción sino la regla (Bergson, 2007; Durán, 2013, p. 65). Para el segundo, el universo adquiere una imagen trágica. Se trata de un universo “muerto”, en equilibrio eterno, en donde la vida y el tiempo son meras fluctuaciones, una isla en medio de la muerte universal (Boltzmann, 1995, p. 446; Durán, 2013, p. 60).

Conclusiones

Después de lo estudiado, podemos afirmar que Bergson hace un uso descontextualizado del argumento de Boltzmann contra la recurrencia y la concepción cíclica del universo, sin tomar en cuenta que las bases epistemológicas y ontológicas que sustentan el argumento son completamente distintas de las suyas. De esta manera, Bergson distorsiona el argumento de Boltzmann, intentando incorporarlo en un marco metafísico completamente distinto, en el que no posee efectividad ni sentido. No se cumplen las condiciones mínimas que permitirían un desplazamiento del argumento al marco metafí-

sico del *élan vital*. Bergson usa el argumento, entonces, para reafirmar su posición con la autoridad que le otorgaban las afirmaciones de un científico connotado.

El estudio de este caso de relación ciencia y filosofía nos ha permitido mostrar las dificultades implicadas en el uso y traspaso de teorías, conceptos o argumentos desde la ciencia a la filosofía. Hemos visto cómo un argumento es utilizado en apoyo de una posición metafísica determinada, incluso cuando ese argumento carece de las bases suficientes para sostenerla. El argumento de Boltzmann puede efectivamente afirmar la irreversibilidad como una cuestión de imposibilidad práctica o improbabilidad matemática en un marco que considera una concepción mecánica y atomista, y donde el conocimiento científico se considera no como absoluto o cierto, sino como probable, no como intuitivo o directo, sino como imagen o modelo de la realidad que hace uso de símbolos y cálculos. El argumento de Boltzmann no puede servir de apoyo a la irreversibilidad en el universo concebido por Bergson, no tiene valor metafísico o absoluto en el sentido que él le otorga. A pesar de que Bergson cree que con el argumento de Boltzmann la cuestión de la irreversibilidad estaba zanjada en el marco de la física, ésta sigue siendo aún hoy una cuestión abierta. Al pasar por encima y de manera apresurada cuestiones problemáticas en la propia ciencia, Bergson pierde la oportunidad de jugar un rol activo en ellas y la posibilidad de matizar su comprensión de la ciencia y de la física de su propia época.

Bibliografía

- BERGSON, H. 1963a [1934]. Introducción a la metafísica. In: H. BERGSON, *Obras escogidas*. Madrid, Aguilar, p. 1184-1229.
- BERGSON, H. 1963b [1934]. Pensamiento y movimiento: Ensayos y conferencias. In: H. BERGSON, *Obras escogidas*. Madrid, Aguilar, p. 1021-1284.
- BERGSON, H. 2009 [1907]. *L'évolution créatrice*. Paris, PUF, 693 p.
- BERGSON, H. 2007 [1907]. *La evolución creadora*. Buenos Aires, Cactus, 366 p.
- BOLTZMANN, L. 1872. Further Studies on the Thermal Equilibrium of Gas Molecules. In: S.G. BRUSH (ed.), *The Kinetic Theory of Gases: An Anthology of Classic Papers*. London, Imperial College Press, 2003, p. 262-349.
- BOLTZMANN, L. 1896. Reply to Zermelo's Remarks on the Theory of Heat. In: S.G. BRUSH (ed.), *The Kinetic Theory of Gases: An Anthology of Classic Papers*. London, Imperial College Press, 2003, p. 392-402.
- BOLTZMANN, L. 1986. *Escritos de mecánica y termodinámica*. Madrid, Alianza, 232 p.
- BOLTZMANN, L. 1995 [1896]. *Lectures on Gas Theory*. New York, Dover, 512 p.
- CAPEK, M. 1971. *Bergson and Modern Physics: A Reinterpretation and Re-evaluation*. Dordrecht, Reidel, 418 p.
- CONRY, Y. 2000. *L'évolution créatrice d'Henri Bergson: Investigations critiques*. Paris, L'Harmattan, 330 p.
- DURÁN, R. 2013. *Autoorganización y estructuras disipativas: la imagen de naturaleza en Ilya Prigogine*. Valparaíso, Chile. Tesis de Doctorado. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 358 p.

- FAGOT-LARGEAULT, A. 2008. Le philosophie et la science, selon Bergson. In: A. FAGOT-LARGEAULT; F. WORMS (ed.), *Annales Bergoniennes IV*. PUF, Paris, p. 45-57.
- FAGOT-LARGEAULT, A.; WORMS, F. (ed.). 2008. *Annales Bergoniennes IV: L'évolution créatrice 1907-2007: Épistémologie et métaphysique*. Paris, PUF, 740 p.
- ORDOÑEZ, J. 1986. Introducción a Boltzmann. In: BOLTZMANN, L., *Escritos de mecánica y termodinámica*. Madrid, Alianza, p. 7-44.
- POINCARÉ, H. 1893. Le mécanisme et l'expérience. *Revue de Métaphysique et de Morale*, 1:534-537.
- POINCARÉ, H. 1889. *Sur le problème des trois corps et les équations de la dynamique*. Paris. Disponible en: https://www.fme.upc.edu/arxiu/butlleti-digital/poincare/poincare_trois_corps.pdf
- PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. 1991. *Entre el tiempo y la eternidad*. Buenos Aires, Alianza, 241 p.
- ZERMELO, E. 1896. On a Theorem of Dynamics and the Mechanical Theory of Heat. In: S.G. BRUSH (ed.), *The Kinetic Theory of Gases: An Anthology of Classic Papers*. London, Imperial College Press, 2003, p. 403-411.

Submitted on January 17, 2019.

Accepted on August 08, 2019.