



Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia

ISSN: 0124-4620

ISSN: 2463-1159

revistafilosofiaciencia@unbosque.edu.co

Universidad El Bosque

Colombia

Pallitto, Nahuel

Pluralidad científica y evaluación de riesgos: nuevos argumentos
en el debate monismo-pluralismo en Filosofía de la Ciencia*

Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia, vol. 19, núm. 39, 2019, Julio-, pp. 123-146

Universidad El Bosque

Colombia

DOI: <https://doi.org/10.18270/rcfc.v19i39.2825>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41465953004>

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

UNEM
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

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

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

pLuraLidad CientífiCa y evaluaCión de riesgos: nuevos argumentos en eL debate monismo vs. pLuralismo en fiLosofía de La CienCia*

SCIENTIFIC PLURALITY AND RISK ASSESSMENT: NEW ARGUMENTS IN THE MONISM-PLURALISM DEBATE IN PHILOSOPHY OF SCIENCE

NAHUEL PALLITO

Instituto de Filosofía Dr. Alejandro Korn,
Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires – CONICET
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
nahuelpallito@gmail.com

resumen

Las ciencias exhiben intereses, valores, lenguajes, metodologías, representaciones, teorías y ontologías múltiples y plurales. Este reconocimiento ha dado origen en la filosofía de la ciencia al debate monismo vs. pluralismo, arena en la que disputan posturas que valoran negativa o positivamente la pluralidad. En términos generales, los argumentos esgrimidos de un lado y otro se nutren de consideraciones metafísicas o epistemológicas. El objetivo de este trabajo es incorporar al debate argumentos de tipo ético, exhibiendo que, en contextos de intervención científica, cómo se concibe la pluralidad repercute de forma directa en nuestra percepción de los riesgos asociados a determinada intervención.

Palabras clave: epistemología; conocimiento científico; controversia filosófica; intervención; ética.

* Este artículo se debe citar: Pallito, Nahuel. "Pluralidad científica y evaluación de riesgos: nuevos argumentos en el debate monismo vs. pluralismo en filosofía de la ciencia". *Rev. Colomb. Filos. Cienc.* 19.39(2019): 123-146. <https://doi.org/10.18270/rcfc.v19i39.2825>

abstraCt

Sciences exhibit a multiplicity and plurality of interests, values, languages, methodologies, representations, theories and ontologies. This recognition has given rise to the monism vs. pluralism debate in Philosophy of Science, an arena in which different positions about the negative or positive value of plurality are played out. In general terms, the arguments offered are nourished by metaphysical or epistemological considerations. The main objective of this work is to incorporate ethical arguments into the debate, showing that, in contexts of scientific intervention, how plurality is conceived has a direct impact on our assessment of the risks associated with a given intervention.

Keywords: epistemology; scientific knowledge; philosophical controversy; intervention; ethics.

1. Introducción

Quienes han tenido el interés y la posibilidad de acercarse a la filosofía de la ciencia reconocerán que una de las controversias que más atención ha recibido en el último siglo es la correspondiente al debate monismo vs. pluralismo. Como es habitual en este campo de estudio, la dificultad preliminar que supone la introducción al debate viene constituida por el hecho de que los conceptos de monismo y pluralismo no se entienden de modo unívoco ni remiten necesariamente a los mismos elementos de los fenómenos que pretenden iluminar. En efecto, la controversia históricamente ha adoptado diversas formas en virtud de los diferentes sentidos que se le han atribuido a ambos conceptos (Cat 2017; Ruphy 2016; Suppes 1978). En una de sus variantes, por ejemplo, el binomio ha sido articulado en torno a teorías o representaciones científicas, lo que ha suscitado el interrogante acerca de la posibilidad de unificar diferentes teorías o representaciones entre sí –siendo la reducción una de las formas más discutidas–. Bajo esta caracterización, el monismo supone la posi-

bilidad de alcanzar teorías o representaciones unificadas mientras que el pluralismo acepta la multiplicidad como algo no defectuoso de la actividad científica (Kaiser 2015; Kellert, Longino & Walters 2006; Longino 2002, 2013). Otra posibilidad ha consistido en pensar el debate en términos metodológicos, lo cual ha dado origen a la pregunta acerca de si existe una única lógica de justificación válida que deba ser aplicada en todo ámbito de investigación –variante monista– o si, por el contrario, también deben aceptarse diversas lógicas justificativas –variante pluralista– (Carnap 1937; Ruphy 2016). Una tercera alternativa se ha expresado a partir de la dimensión ontológica, que genera intensas discusiones en torno a la estructura del mundo. Los monistas se han inclinado por pensar que el mundo posee una única estructura. Los pluralistas, en cambio, han sugerido que este admite más de una estructuración (Cartwright 1999; Dupré 1993; Folguera & Pallitto 2018).

Sea cual fuera la variante discutida, todas las partes involucradas en las controversias coinciden en que el estado actual de las prácticas científicas admite una multiplicidad de elementos (Folguera & Pallitto 2018; Kellert, Longino & Walters 2006; Mitchell 2003; Ruphy 2010, 2016) y en que una representación genética del comportamiento humano que busca las causas de cierta conducta en la interioridad biológica de un individuo es diferente de una representación social que trata de comprenderla en términos de relaciones sociales; tampoco resulta objetable que los genes son cosas diferentes a las clases sociales. En ese sentido, cabe destacar que lo que está en el foco del debate monismo vs. pluralismo no es tanto si hay una o muchas ciencias con sus diversos elementos, sino qué actitud tomar frente a esa multiplicidad o cómo dirigir las correspondientes reflexiones filosóficas o acciones científicas asumiendo ese estado plural de las ciencias. Para un filósofo de la ciencia monista, esa pluralidad suele ser considerada como un estado transitorio de las ciencias a ser superado, por lo cual se impone como consecuencia la búsqueda de unificación. Por el contrario, un filósofo de la ciencia pluralista suele concebirla como un aspecto ineludible e ineliminable de las ciencias; por tanto, acepta y abraza la diversidad.

En consecuencia, el debate monismo vs. pluralismo es una controversia argumentativa respecto a cómo debería ser la ciencia y cómo deberían conducirse los científicos frente a la diversidad al momento de investigar e involucrarse en proble-

máticas sociales y ambientales.¹ Porque si, por ejemplo, aceptamos la unidad científica, se trata tan solo de abocar los esfuerzos al desarrollo de ese estado particular de las ciencias, disolviendo en el camino cualquier duda acerca de qué saberes son relevantes para resolver necesidades humanas. Pero si, por el contrario, consideramos que el pluralismo es la mejor postura epistemológica para alcanzar ciertas metas epistémicas o prácticas, no cabe lugar a la búsqueda de la unidad ni a los privilegios que sean otorgados *a priori* a ciertas ciencias. Como reconoce Stephanie Ruphy (2016), el debate es interesante por sus prescripciones metodológicas, ya que favorecer cierta disciplina o subdisciplina científica por sobre otra se encuentra plenamente justificado epistémicamente desde un punto de vista monista. Sin embargo, desde una postura pluralista, la justificación no es automática ni evidente y debe ser explicitada con claridad.

En este artículo se pretende participar del debate monismo vs. pluralismo desde una arista poco explorada en la literatura de la filosofía de la ciencia que aborda esta temática. El interés fundamental consiste en reflexionar sobre la pluralidad de las ciencias en el marco de ciertas intervenciones propuestas sobre problemáticas de índole social y ambiental. Es decir, las preguntas que orientan el trabajo conciernen a cómo debemos proceder frente a la diversidad de elementos científicos referidos a cierto fenómeno cuando se pretende intervenirlo. ¿Debemos en esos casos adoptar una postura monista y privilegiar un único abordaje? ¿O debemos, en cambio, acoger un marco pluralista y dar debida cuenta de los diferentes enfoques existentes? ¿Qué implican uno y otro caso?² En general, y como se procurará desarrollar, los argumentos usualmente esgrimidos en favor o en contra del pluralismo son metafísicos o epistemológicos. El objetivo de este trabajo es ofrecer y mostrar la relevancia que presentan en el debate los argumentos éticos. La conclusión a la que se arribará

¹ En este trabajo se entiende por problemáticas sociales y ambientales cualquier tipo de fenómeno de interés para el ser humano en el que las ciencias sean una de las voces que ofrecen respuestas o soluciones a las preguntas o desafíos planteados.

² El autor de este manuscrito no desconoce que las ciencias pueden presentar objetivos puramente contemplativos o teóricos. Sin embargo, la búsqueda primordial consiste aquí en analizar la pluralidad en el marco de las intervenciones científicas sobre el mundo.

es que el pluralismo debe ser asumido como punto de partida siempre que esté en juego una intervención social o ambiental basada en conocimientos científicos, ya que de esa inclusión de campos científicos o saberes depende nuestra percepción de los riesgos asociados a la intervención en cuestión. Como se desprende del objetivo principal, la tarea es doble: mostrar la pertinencia de la ética en la controversia y prescribir esquemas pluralistas en la resolución de problemáticas humanas. De la segunda tarea no se desprende que nunca pueda privilegiarse una única aproximación o enfoque, sino que eso es algo que debe ser evaluado en función de las distintas posibilidades y del caso analizado, prestando especial atención a qué implica dejar fuera lo que precisamente se deja fuera.

El recorrido argumental propuesto es el siguiente. En primer lugar, se clarificarán los conceptos de pluralismo y monismo tal como aquí serán entendidos y se esquematizarán brevemente los tipos que pueden ser reconocidos en la bibliografía específica de la filosofía de la ciencia. En segundo, se exhibirán los argumentos que suelen brindar los participantes del debate y se mostrará el predominio de los metafísicos y epistemológicos. Luego, en tercer lugar, se presentará un caso de intervención reciente sobre el genoma de seres humanos que pone de manifiesto la necesidad de incluir la dimensión ética en el debate. Por último, se explicitará en qué sentido y de qué modo la ética es relevante en la controversia y se destacarán los problemas que acarrea su omisión.

2. despejando el camino: sobre el pluralismo y su pluralidad

La primera tarea que se impone en cualquier reflexión acerca del debate monismo vs. pluralismo se vincula con la clarificación de las principales nociones involucradas. Como se trata de conceptos polisémicos con connotados y denotados muy diversos, se requiere precisar algunas cuestiones. Entre ellas, destacan los siguientes interrogantes: ¿qué se entiende por pluralismo y por su variante opuesta, el monismo? ¿Qué es aquello acerca de lo cual se predicen estos conceptos? ¿Con qué nos comprometemos

esos “-ismos”? Para abordar la primera pregunta, resulta relevante y útil comenzar con la distinción que proponen Stephen Kellert, Helen Longino y Kenneth Waters entre *pluralidad* y *pluralismo*. En la introducción al libro *Scientific Pluralism*, los autores destacan que la noción de *pluralidad* indica “una característica del estado presente de indagación en numerosas áreas científicas de investigación” (2006 ix; traducción propia). En ese sentido, este es un concepto descriptivo que permite dar cuenta del carácter múltiple y diverso de las ciencias. Se trata, entonces, de un término que indica el estado misceláneo que de *hecho* caracteriza a cierto dominio de las investigaciones empíricas en un tiempo determinado. A modo de ilustración, resulta interesante recurrir al estudio biológico del comportamiento humano y reconocer que se trata de un campo que presenta actualmente pluralidad en el sentido recién especificado. La genética y la ecología del comportamiento, la neurobiología y la biología evolutiva ofrecen múltiples aproximaciones al estudio de la conducta humana, reconociendo distintos factores explicativos que revelan diferentes aspectos de los que son considerados los mismos fenómenos (Longino 2012, 2013).

El *pluralismo*, por otro lado, es un concepto normativo que refleja un posicionamiento respecto a la pluralidad, aceptándola como un estado no problemático, y hasta en muchas ocasiones deseado, de la actividad científica. En la versión de Kellert, Longino y Waters, adoptar una postura pluralista implica asumir que “la pluralidad en ciencia posiblemente representa un carácter ineliminable de la investigación científica y el conocimiento (al menos acerca de algunos fenómenos)” (2006 ix; traducción propia), a la vez que supone que “la multiplicidad de abordajes que actualmente caracteriza muchas áreas de la investigación científica no necesariamente constituye una deficiencia” (2006 x; traducción propia). El pluralismo involucra, entonces, una actitud científico-filosófica positiva de la pluralidad. El hecho de que cierto campo exhiba una multiplicidad de aproximaciones puede ser ventajoso desde un punto de vista epistémico y práctico; por tanto no debe promoverse de forma acrítica su eliminación en favor de una única manera de interrogar, estudiar e intervenir fenómenos de interés para las ciencias. En el caso de las investigaciones biológicas del comportamiento humano que se ha estado utilizando como ejemplo, un pluralista se encuentra dispuesto a aceptar que todos los enfoques mencionados

—genética y ecología del comportamiento, entre otros— pueden ser necesarios y relevantes para iluminar algún aspecto de nuestra conducta. O, por lo menos, no tiende a buscar *a priori* los modos de unificar esos enfoques ni a suponer que uno de ellos debe imponerse sobre el resto. Esa disposición intelectual le corresponde al monista, quien, enfrentado a la pluralidad, considera que esta debe ser eliminada en favor de la unidad (Kellert, Longino & Walters 2006; Longino 2002; Pallitto 2019).

Habiendo aclarado qué se entiende aquí por pluralismo, se pasará a abordar qué tipos de pluralidad admiten las ciencias y, como consecuencia, sobre qué cosas es posible predicar pluralismos. Para ello, se recurrirá a los elementos de las ciencias que han sido objeto de discusión en la bibliografía específica sobre el tema y que resultan relevantes desde el punto de vista de la argumentación pretendida. Entre los ítems de las ciencias que destacan en el debate se encuentran: los lenguajes, las metodologías, las teorías, las representaciones y las ontologías que son asumidas por las diferentes disciplinas o subdisciplinas científicas. Todos estos elementos pertenecientes a las ciencias pueden exhibir pluralidad. La búsqueda de unidad del denominado empirismo lógico, por ejemplo, se ocupó principalmente de la cuestión del lenguaje y el método de justificación, además de la pretendida unidad de acción. En la versión de uno de sus mayores exponentes, Rudolph Carnap, la búsqueda consistía básicamente en la unificación del lenguaje científico, siendo el lenguaje fisicalista su alternativa predilecta:

La tesis del fisicalismo sostiene que el lenguaje fisicalista es el lenguaje universal de la ciencia ... De esto se deduce que la ciencia es un sistema unitario dentro del cual no existen dominios de objetos fundamentalmente diversos y, en consecuencia, no hay una brecha entre, por ejemplo, las ciencias naturales y las psicológicas (Carnap 1937 320; traducción propia).

La propuesta de Carnap residía en unificar el dominio de objetos de las ciencias empíricas mediante el empleo de predicados pertenecientes a un mismo marco lingüístico. Todo lo que pudiera ser dicho por las ciencias debía ser dicho en el mismo idioma de cosas observables, de modo tal de poder arribar también a un mismo tipo de lógica de justificación ajena a las experiencias psicológicas privadas (Ruphy 2016).

Un segundo elemento de las ciencias que ha estado en el foco de intensas discusiones es el correspondiente a las teorías. Durante gran parte del siglo XX, las teorías científicas fueron uno de los ejes vertebradores de las reflexiones de la filosofía de la ciencia. Siendo consideradas los productos destacados de la actividad científica, grandes esfuerzos fueron consagrados a dilucidar conceptualmente qué son las teorías y qué estructura poseen. Alrededor de la década de 1960, se comenzó a discutir en qué medida las teorías científicas podían ser unificadas, apareciendo la reducción teórica como la opción privilegiada (Nagel 2006; Oppenheim & Putnam 1958). De acuerdo con Francisco Ayala, la reducción ocurre cuando “las teorías y leyes experimentales formuladas en un campo de la ciencia pueden considerarse casos especiales de teorías y leyes formuladas en algún otro campo científico”, a partir de lo cual “la primera rama de la ciencia ha sido reducida a la segunda” (1983 12). De este modo, se consideraba que la unificación podría ser alcanzada subsumiendo ciertas teorías científicas en otras de carácter más general, siempre y cuando la teoría reductora consiguiera explicar de modo satisfactorio los fenómenos que eran del dominio de la teoría reducida (Garfinkel 1981).

Un último elemento que resulta sumamente relevante para los fines de este trabajo y que en décadas recientes ha estado en el centro de atención del debate es el de las representaciones científicas. Por *representación* se entiende aquí todas aquellas explicaciones, descripciones o clasificaciones científicas de un fenómeno determinado independientemente de su forma (Pallitto 2019; Ruphy 2016). Leyes y teorías son representaciones en este esquema, pero también lo son los modelos, los mecanismos, las simulaciones computacionales, los sistemas taxonómicos y demás recursos epistémicos que satisfagan los requisitos descriptivos y explicativos de las diversas ciencias (Ruphy 2010). Debido a un creciente reconocimiento de la necesidad de analizar recursos de las prácticas científicas que no se correspondan exclusivamente con teorías y leyes, las representaciones han sido tratadas de manera separada. Un ejemplo interesante del debate planteado en el nivel de las representaciones de las ciencias corresponde a las reflexiones de Longino (2002, 2006, 2012, 2013). En dichos trabajos, la autora analiza las diversas aproximaciones biológicas al comportamiento humano que ya se han mencionado, destacando que cada una ofrece

distintas respuestas al por qué de nuestras conductas. Así, los enfoques de la genética del comportamiento centran sus representaciones en las entidades y los mecanismos de los niveles genético-moleculares, mientras que los enfoques ecológico-evolutivos los centran en los niveles superiores, incluyendo la evaluación y medición de factores ambientales. Por otro lado, los enfoques ontogenéticos se focalizan en el desarrollo individual del organismo y en todos los factores que interactúan en la expresión de cierto rasgo comportamental. Por su parte, los estudios neurobiológicos se ocupan de los mecanismos y procesos neuronales involucrados en la aparición de cierta conducta mientras los evolutivos hacen lo propio respecto a las presiones selectivas y a las historias filogenéticas de comportamientos seleccionados. En virtud de lo dicho, se aprecia fácilmente que la biología ofrece distintas representaciones de la conducta humana. Por ello, pensar en los aspectos biológicos del comportamiento humano implica tener en cuenta que existen diferentes enfoques con distintas formas de representar, lo cual da lugar a la pregunta por sus relaciones y la posibilidad o no de unificarlas. La autora sostiene que el pluralismo, en el caso de los estudios del comportamiento humano, es inevitable (Longino 2012, 2013).

Hemos visto que el debate monismo vs. pluralismo presenta pluralidad y que parte de esa pluralidad se atribuye a los elementos de las ciencias que se consideren para su análisis. En principio, el esquema propuesto admite la posibilidad de ser pluralistas respecto a ciertos elementos y ser monistas respecto a otros. Por ejemplo, se puede considerar la posibilidad de aceptar una única lógica de justificación válida para toda la actividad científica, pero aceptar que distintas representaciones de un mismo fenómeno no pueden unificarse, tal como sugiere Longino (2002).

Por último, cabe brindar unas breves notas acerca de algunos de los compromisos científicos o filosóficos que aquí se considera que son asumidos al adoptar una postura pluralista o monista. La diversidad de pluralismos exhibida pone de manifiesto que el pluralismo no se identifica con una única tesis ni equivale a la formulación de una doctrina unívoca. Antes bien, es un conjunto de proyectos, mejor conceptualizado como un “movimiento” (Richardson 2006) o una forma de valorar y actuar sobre los múltiples elementos que ofrecen las ciencias, en particular, cuando dichos elementos se articulan en torno a una misma familia de fenómenos –como

puede ser el comportamiento humano—. En términos de las valoraciones realizadas, el pluralismo no adopta de antemano una postura negativa frente a lo diverso, no supone una jerarquía de conocimientos preestablecida ni asume que es posible eliminar lo múltiple en favor de lo único. A lo sumo, acepta que esas cuestiones deben ser determinadas empíricamente y no de forma apriorística (Ruphy 2016). Es decir, cada caso de pluralidad puede presentar particularidades que lo vuelvan susceptible de un tratamiento único o no, a la vez que, de acuerdo con los objetivos epistémicos o prácticos que se persigan, pueden favorecerse distintas jerarquizaciones de lo múltiple. El monismo nos compromete justamente con lo opuesto: una valoración negativa de la pluralidad, la búsqueda de unidad o, en tal caso, de elementos científicos más fundamentales y necesarios que otros.

3. Argumentos en favor (o en contra) deL pLuraLismo

Hasta el momento se ha clarificado qué se entiende en este trabajo por pluralismo y sobre qué elementos de las ciencias se pueden predicar pluralismos. En esta sección se avanzará sobre los argumentos que suelen esgrimirse en favor o en contra de dichas posturas. No obstante, resulta necesario aclarar que de ningún modo se pretende exhaustividad ni se procura agotar todas las tesis que han sido ofrecidas. Por el contrario, la búsqueda reside en reconstruir de forma esquemática aquellas frecuentemente halladas en la bibliografía especializada de la filosofía de la ciencia, procurando con ello cierta sistematización de los argumentos.

3.1 Argumentos metafísicos

Una de las formas de defender o rechazar el pluralismo es a través de los que serán denominados *argumentos metafísicos*. La estrategia básica consiste aquí en sostener que el mundo es de tal manera que, o bien admite solamente pluralismo, o bien

admite únicamente monismo. Es la estructura del mundo la que determina en todo caso si las ciencias deben admitir pluralidad de elementos o no. De este modo, por ejemplo, Kellert, Longino y Waters defienden el pluralismo:

Partimos de la premisa de que el mundo podría no ceder a las demandas del monismo ... Parece que algunas partes del mundo (o situaciones en el mundo) son tales que será necesaria una pluralidad de aproximaciones o enfoques para responder a todas las preguntas que tenemos sobre esas partes o situaciones (2006 xxii; traducción propia).

Como se aprecia de las palabras citadas, los autores sostienen que la estructura del mundo es tal que no es posible alcanzar una única y comprensiva imagen de todo lo que puede conocerse. Así lo expresa también Longino en otro importante trabajo, al sostener que “los filósofos que mantienen formas fuertes de pluralismo, sin embargo, afirman que la complejidad de las entidades y procesos naturales ... elude la representación completa mediante un único enfoque teórico o investigativo” (2002 93; traducción propia). El mundo es o bien muy complejo o bien lo suficientemente “denso” como para que pueda ser reflejado en la actividad científica de forma única, completa e integrada.

Argumentos similares acerca de cómo es el mundo utiliza Nancy Cartwright (1999) en favor del pluralismo en su libro *The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science*. Según la autora, la pluralidad científica no es más que una consecuencia inevitable del estudio de un mundo confeccionado a base de “parches”, algunos de los cuales presentan orden nomológico y son susceptibles de ser expresados a partir de leyes y otros no tienen orden alguno y, por lo tanto, no pueden ser capturados mediante enunciados generales. Esto se debe a que “vivimos en un mundo moteado, un mundo rico en diferentes cosas, con diferentes naturalezas, que se comportan de diferentes maneras”, con lo cual, “[l]as leyes que describen este mundo son un mosaico, no una pirámide. No toman la estructura simple, elegante y abstracta de un sistema de axiomas y teoremas” (Cartwright 1999 1; traducción propia). Desde esta perspectiva, el monismo justamente fracasa porque no habitamos

un mundo ordenado que se presta a una descripción completa por leyes universales y fundamentales. O, dicho en otras palabras, los monistas deambulan en su búsqueda porque procuran superponer un sistema de conocimiento ordenado en un mundo que no se presenta de ese modo. Desde luego, aquí no se trata de juzgar la validez epistemológica de la tesis de Cartwright, sino simplemente de exhibir que su defensa del pluralismo reside en argumentos metafísicos.³

Por último, animado por una ambición similar a la de Cartwright, John Dupré realiza una defensa del pluralismo también anclada en argumentos metafísicos. En la introducción a su libro *The Disorder of Things: Metaphysical Foundations of the Disunity of Science*, el autor señala:

Este libro tiene dos tesis entrelazadas. La primera se refiere a la ciencia. Es la negación de que la ciencia constituye, o podría llegar a constituir, un proyecto único y unificado. La segunda es metafísica, una tesis sobre cómo es el mundo. Esta tesis es una afirmación de la extrema diversidad de los contenidos del mundo. Sostengo que hay innumerables tipos de cosas, cada una sujeta a su propio comportamiento e interacciones características. Además, propongo una relación entre estas dos tesis: la segunda muestra la inevitabilidad de la primera (1993 1; énfasis y traducción propia).

De acuerdo con Dupré, las ciencias son plurales como consecuencia de que el mundo lo es. Al igual que antes, las inclinaciones filosóficas o científicas hacia enfoques monistas, o que privilegien en toda oportunidad ciertas investigaciones o intervenciones en detrimento de otras, son rechazadas sobre la base de cómo está constituido el mundo.

Al margen de las diferencias específicas que presentan las tesis de los autores señalados, todas ellas comparten el hecho de que recurren a consideraciones metafí-

³ Para una crítica aguda a los presupuestos metafísicos que subyacen a la propuesta de Cartwright, se puede consultar Ruphy (2003; 2016).

sicas para prescribir propuestas pluralistas de la ciencia, independientemente de los intereses epistémicos y los marcos conceptuales utilizados para su estudio. Como se presentará a continuación, hay un conjunto de argumentos diferentes que hacen depender sus consideraciones de los contextos epistémicos señalados.

3.2 Argumentos epistemoLógicos

El segundo grupo de argumentos que destaca en la controversia monismo vs. pluralismo se basa en consideraciones epistemológicas. Aquí se abandonan las consideraciones metafísicas acerca de cómo es efectivamente el mundo y se adopta una especie de relativismo epistémico que sostiene que aquello que podemos decir del mundo depende de los marcos teóricos asumidos y de los intereses epistémicos perseguidos. De acuerdo con este conjunto de argumentos, no accedemos al mundo despojado o desprovisto de un contexto epistémico, siendo que diferentes instrumentos, preguntas, objetivos o marcos conceptuales generan variaciones en las imágenes del mundo que nos proveen las ciencias. En ese sentido, se sostiene que la pluralidad existe en las ciencias porque los intereses de una comunidad científica difieren de los de otra. Como consecuencia, se defiende el pluralismo porque no se encuentran buenas razones para pensar que dichos intereses puedan ser alguna vez unificados.

Cuando el interés reside en evaluar la pluralidad de representaciones científicas, algunos autores tales como Philip Kitcher (2001) y Helen Longino (2002) recurren a una ya popular analogía con los mapas. Como la intención principal consiste en abstraer conclusiones generales de los ejemplos brindados, se profundizará únicamente en el tratamiento que hace Kitcher en su libro *Science, Truth and Democracy*. El autor comienza señalando que todo mapa contiene elementos convencionales; por ejemplo, dependiendo del objetivo del mapa, distintas entidades de aquello que busca ser representado son incorporadas u omitidas. Ciertamente, no esperamos encontrar representados los mismos aspectos de una ciudad costera en un mapa diseñado para visitantes en busca de atractivos turísticos que en un mapa de un geógrafo interesado en los aspectos topográficos de esa misma ciudad. De

esto Kitcher concluye que “lo que cuenta como una omisión o una representación espacial inexacta depende de las convenciones asociadas con los tipos de mapas y, a su vez, esas convenciones están en su lugar debido a las necesidades de los usuarios potenciales” (2001 56; traducción propia). No hay, desde esta perspectiva, un único mapa correcto, así como tampoco se pueden evaluar las bondades de distintos mapas sin considerar qué se busca con ellos. Extrapolando estas reflexiones al ámbito científico, Kitcher agrega que “nuestros modos de dividir el mundo en cosas y tipos de cosas depende de nuestras capacidades e intereses” (2001 59; traducción propia). El contenido de nuestras representaciones es convencional en el mismo sentido que lo es en los mapas y responde al contexto epistémico de las comunidades científicas involucradas. Por ello debemos abandonar, agrega Kitcher, la idea de una actividad científica que se rige por objetivos independientes de los contextos en los que opera.

El pluralismo defendido a partir de una suerte de relativismo epistémico encuentra también expresión en las reflexiones de Ronald Giere, particularmente en su libro *Scientific Perspectivism* (2006). En dicho trabajo, el autor sostiene un perspectivismo doble. Por un lado, realiza un análisis similar a lo mencionado en los párrafos precedentes utilizando la analogía con los mapas. De acuerdo con esto, las teorías científicas, entendidas fundamentalmente como un conjunto de modelos y no como un sistema de enunciados, son consideradas parciales, limitadas, contingentes y dependientes del contexto, los agentes y los propósitos perseguidos. A esto lo denomina *perspectivismo teórico*. Por otro lado, sostiene un perspectivismo *observacional*, entendido como la relativización de las observaciones científicas según las perspectivas de los instrumentos de observación utilizados. Para ello, compara la observación científica, particularmente la mediada por instrumentos, con la percepción visual de los colores en los seres vivos. Así como los colores no son propiedades de los objetos, sino que surgen de la interacción entre la luz que reflejan y los tipos particulares de

⁴ Desde luego, los aspectos convencionales de nuestras representaciones no significan que cualquier representación sea válida. La validez dependerá de que tales representaciones, al igual que los mapas, puedan brindar algún éxito relativo a los intereses de los usuarios.

sistemas visuales cromáticos de los organismos que la perciben, lo que observamos del mundo a partir de instrumentos se encuentra relativizado según las perspectivas que estos dispositivos ofrecen. No resultan, por ejemplo, las mismas imágenes de la Vía Láctea si las observaciones son realizadas con un telescopio óptico que si lo son hechas con un telescopio infrarrojo. Estas dos imágenes, aunque pertenezcan a la “misma” parcela del mundo, ofrecen perspectivas diferentes de la Vía Láctea. Cada una provee distinta información que puede ser utilizada para fines divergentes. En ese sentido, de acuerdo con Giere, no existe tal cosa como el *modo* en que la Vía Láctea luce, sino las formas en que es vista por cada instrumento.

Ya sea que la diversidad se sostenga en diferentes preguntas o intereses de investigación, en el uso de distintos instrumentos de observación o en el empleo de diferentes perspectivas teóricas, los autores analizados en esta subsección fundamentan el pluralismo en consideraciones vinculadas a nuestros modos científicos de conocer. De acuerdo con ello, no es el mundo el que impone la pluralidad de ciencias, sino que la pluralidad resulta de la multiplicidad de sujetos epistémicos con preguntas, intereses, perspectivas teóricas e instrumentos divergentes. Y dado que cada comunidad consigue alcanzar ciertos objetivos y éxitos empíricos en sus propios contextos epistémicos, la actividad científica se beneficia con la obtención de conocimientos y resultados prácticos de la pluralidad de enfoques existentes (Fehr 2006; Giere 2006; Longino 2006, 2012, 2013).

4. pLuraLismo y ética: crIspr/cas9, La edIción genética de embrIones humanos y La percepCIÓN de rIesgos

Habiendo clarificado las nociones fundamentales aquí tratadas y las principales clases de argumentos desarrollados en favor o en contra del pluralismo, estamos en condiciones de enfrentar de forma directa la cuestión que motivó las reflexiones de este trabajo. Recordemos que el interés fundamental consistía en evaluar cómo debemos responder o actuar frente a la pluralidad científica en el contexto de ciertas

intervenciones propuestas sobre problemáticas de interés social o ambiental. ¿Debemos ser pluralistas cuando la actividad y los productos de las ciencias se ponen al servicio de las transformaciones de nuestro mundo? Por otro lado, ¿qué argumentos resultan relevantes para dar respuesta a este interrogante? En esta sección se defenderá una postura pluralista introduciendo al debate una clase de argumentos que se considera insoslayable: los argumentos éticos. Cuando se trata de una intervención científica, la pluralidad debe ser contemplada y defendida porque de eso depende la percepción y la evaluación de los riesgos asociados a la manipulación. La introducción de un caso de estudio servirá para ilustrar el punto y desplegar las reflexiones correspondientes. El caso en cuestión involucra una técnica de edición de genes y la manipulación del genoma en embriones humanos.

4.1 Crispr/cas9 y La edición genética en embriones humanos

A fines de noviembre del 2018, He Jiankui, un investigador de la Universidad del Sur de Ciencia y Tecnología en Shenzhen, anunció el nacimiento de los dos primeros seres humanos editados genéticamente. Mediante procedimientos de ingeniería genética, el investigador introdujo cambios en el genoma de dos embriones humanos con la intención de evitar que el virus de inmunodeficiencia humana (VIH) pudiera ingresar a sus cuerpos. Dicha modificación fue posible a partir de una tecnología conocida como CRISPR/Cas9. Esta herramienta surge de la modificación y adaptación de un sistema de defensa inmunitario presente en ciertos procariotas, el cual les permite a estos microorganismos detectar y degradar el ADN de virus y plásmidos invasores (Doudna & Charpentier 2014; Lander 2016). En su versión tecnológica más frecuente, los sistemas CRISPR/CAS han sido simplificados y transformados en un único complejo molecular formado solamente por dos elementos: una molécula de ARN denominada sgARN (single guide ARN) y una enzima conocida como Cas9 (Ma, Zhang & Qin 2019; Sternberg & Doudna 2015). La molécula sgARN puede ser diseñada en laboratorios para reconocer secuencias específicas de ADN en un genoma que se desee modificar. El mecanismo de reconocimiento se basa en la complemen-

tariedad de bases entre el sgARN y la secuencia de ADN que se intervendrá (Doudna & Charpentier 2014). La enzima Cas9 es una endonucleasa que puede introducir cortes en la cadena de ADN en aquellas regiones reconocidas por la molécula sgARN (Jinek et ál. 2012). En el caso de las bacterias, esos cortes sirven para eliminar las moléculas de ADN invasoras. Sin embargo, fuera de las células procariotas, la capacidad de Cas9 de introducir cortes es aprovechada para realizar cambios genéticos, ya sea que estas modificaciones impliquen la eliminación o incorporación de un gen, el reordenamiento de un cromosoma o la corrección de una variante genética (Sternberg & Doudna 2015). En este último caso, se le debe incorporar una tercera molécula de ADN al complejo conformado por las moléculas de sgARN y Cas9, la cual sirve de molde para corregir o suplantar la secuencia anterior (Rong et ál. 2014; Sternberg & Doudna 2015).

Junto a un equipo de colaboradores, He Jiankui modificó el ADN de dos embriones humanos para evitar la expresión de un correceptor de membrana presente en células del sistema inmunitario (Normile 2018). Según algunos estudios previos, este correceptor se encuentra involucrado en la susceptibilidad humana a la infección por VIH (Choe et ál. 1996; Lederman et ál. 2006). De acuerdo a la explicación ofrecida en el Segundo Encuentro Internacional de Edición del Genoma Humano, el grupo de investigación diseñó un sgARN complementario a una secuencia del gen del correceptor CCR5 y luego inyectó el complejo sgARN/Cas9 a un conjunto de embriones, obteniendo como resultado la eliminación de parte de dicha secuencia en al menos dos de ellos (Ma, Zhang y Qin 2019). Con esta modificación, la investigación buscó la pérdida de funcionalidad del correceptor con la consiguiente pretendida inmunidad específica al VIH.

4.2 Reacciones, pLuraLidad y percepción de riesgos

En los días inmediatamente posteriores a la difusión del evento, el investigador responsable recibió numerosas críticas a su intervención sobre los embriones humanos. Entre ellas, por ejemplo, destacan las realizadas por los profesionales chinos del VIH,

quienes en un comunicado manifestaron que “el gen CCR5 presenta un rol clave en el mantenimiento adecuado de las funciones fisiológicas e inmunológicas de la célula”, siendo que su eliminación en embriones humanos sanos “no cuenta con una base científica, podría tener efectos adversos severos y es probable que presente consecuencias impredecibles” (Zhang et ál. 2018 27; traducción propia). En una dirección similar, otro grupo de científicos criticó la manipulación genética debido a que:

El sistema CRISPR/CAS9 puede continuar trabajando más allá de los óvulos fertilizados de una célula y resultar en un genotipo de mosaico. Esto significa que diferentes tejidos u órganos tendrán diferentes modificaciones genéticas, incluso dentro del mismo organismo. Todavía no tenemos certeza de cuáles podrían ser los efectos de la edición genética en el genoma de los bebés (Ma, Zhang & Qin 2019 2; traducción propia).

También se ha dicho que “la mayoría de las enfermedades y discapacidades están influenciadas por una interacción compleja de numerosos genes”, con lo cual “sin una comprensión adecuada de esas interacciones, somos incapaces de predecir cuáles serán los efectos de la edición de cierto gen (o genes) en la expresión de otros” (Gumer 2019 139; traducción propia).

Ahor bien, ¿qué es lo que muestran estas referencias? ¿Qué es lo que permiten concluir respecto a la discusión monismo vs. pluralismo? En primer lugar, el caso analizado exhibe que las ciencias ofrecen una pluralidad de representaciones que involucran la biología humana y su vínculo con el VIH, en las cuales las entidades y elementos biológicos pertinentes ocupan roles explicativos diferentes de acuerdo con los distintos marcos epistémicos en los que se emplean. Así, algunos enfoques contemplan los contextos genómicos en los que se encuentra el gen CCR5, resaltando las interacciones entre genes. Otros consideran diferentes niveles de organización además del genético e incorporan un análisis de lo que ocurre con el gen CCR5 durante la embriogénesis. Un tercer conjunto analiza cómo intervienen otros genes en la susceptibilidad de infección por VIH u otros factores no contemplados en la intervención realizada. Sin necesidad de incorporar otros ejemplos, resulta bastante claro

que las ciencias exhiben pluralidad en lo que refiere a los aspectos biológicos del ser humano vinculados con el VIH.

Por otro lado, las citas nos hablan de potenciales daños en las gemelas que han sido editadas genéticamente, indicando que la tecnología las ha sometido a riesgos innecesarios. Estos posibles efectos adversos son señalados a partir de que sabemos que el gen cuenta con diversas funciones celulares, de que *conocemos* que presenta interacciones con otros genes y, además, en función de que *estamos al tanto* de que durante el desarrollo de los embriones puede ocurrir mosaicismo genético dejando células y tejidos con el gen ausente y otras con el gen intacto. Es decir, en el caso de las críticas señaladas, se reconocen riesgos asociados a determinados tipos de representaciones. Si bien pueden existir algunos riesgos vinculados a lo desconocido, buena parte de los juicios en contra de la manipulación genética realizada se derivan de saberes que más bien han sido omitidos durante la intervención. Quienes llevaron adelante la edición genómica basaron su accionar en un conocimiento parcial que solo contempla la relación ausencia/presencia del gen con la susceptibilidad de infección por el VIH, prescindiendo de representaciones que incorporan otros niveles de organización biológica, así como temporalidades embriológicas y evolutivas. Parte de la omisión correspondiente, aunque no sus implicancias, fue también reconocida por Sheldon Krimsky, quien consideró que el investigador principal que realizó la intervención evidentemente carecía de “experiencia en biología evolutiva que podría haberle informado sobre algunas de las evidentes deficiencias en su trabajo” (2019 19; traducción propia).

4.3 La Irrupción de La ética en el debate monismo vs. pluralismo

El hecho de que la percepción de los riesgos asociados a una intervención no pueda disociarse de la pluralidad de ciencias nos obliga a posicionarnos de una manera diferente frente al debate monismo vs. pluralismo. En contextos de intervención, la pregunta acerca de qué hacer frente a la pluralidad adquiere una dimensión ética insoslayable, ya que la búsqueda de la unidad o de ciencias más fundamentales

que otras puede presentar como contrapunto la omisión de riesgos. Es decir, en la medida en que cada representación conlleva implícito los riesgos que pueden ser percibidos al momento de ofrecer una intervención, se sugiere que el pluralismo se impone por consideraciones éticas. Nótese que lo dicho no equivale a manifestar la trivialidad de que la ética es ineludible en las acciones o intervenciones humanas sobre el mundo. Lo que se sostiene es que las valoraciones éticas que podemos realizar dependen, en parte, de cómo afrontemos la pluralidad de ciencias correspondientes. Esto significa que la omisión de cierta representación no solo incide en la comprensión del fenómeno en cuestión, sino que repercute de forma directa en los daños que resultan previsibles, aunque no siempre controlables. Como consecuencia, el balance entre riesgos y beneficios de determinada intervención depende también de cuán monistas o pluralistas nos comportemos frente a lo diverso. Por ello, eliminar la pluralidad en contextos de intervención requiere, primero y necesariamente, dar cuenta de los aspectos éticos vinculados con la percepción de riesgos. Al fin de cuentas, puede resultar que el pluralismo sea la postura más sensata de adoptar en ciertos casos, no por cuestiones epistemológicas o metafísicas, sino simplemente porque su compromiso ético es mayor. En tiempos de creciente intervención científico-tecnológica sobre nuestros cuerpos y sociedades, dicho compromiso responde a una necesidad social y política.

5. Consideraciones finales: La reconstrucción del horizonte común

En la filosofía de la ciencia, el debate monismo vs. pluralismo ha estado dominado por discusiones cuyos argumentos se centran en aspectos metafísicos o epistemológicos. Las ciencias deberían ser o dejar de ser plurales, o bien como consecuencia de cómo es el mundo, o bien como consecuencia de nuestros modos de conocer. En este trabajo se ha procurado sostener que, sobre todo cuando las ciencias son pensadas en contextos de intervención, resulta necesario incorporar a la controversia los argumentos éticos. En ciertos casos, el pluralismo debe imponerse sobre la base de

consideraciones éticas porque se requieren de varias ciencias o representaciones para obtener una percepción lo más completa posible de los riesgos esperados de cierta manipulación. En casos donde prima la pluralidad, omitir una determinada representación no solo implica comprender el fenómeno de manera diferente, sino desechando potenciales efectos adversos que conlleva la intervención. En ese sentido, las conclusiones aquí ofrecidas encuentran puntos de coincidencia con Alan Richardson cuando señala que:

El pluralismo no es simplemente un recordatorio de que hay muchos esquemas de representación y muchas cosas que saber, sino un esfuerzo por recordarnos dentro de una cultura científica que hay muchas acciones diferentes que podríamos tomar, muchas maneras en las que deseamos intervenir en el mundo (2006 20; traducción propia).

Resulta oportuno agregar a las palabras del autor que el pluralismo es también un recordatorio de que los riesgos que somos capaces de percibir se asocian a nuestros saberes y, por lo tanto, dependen de cómo concibamos la pluralidad.

Sin ser la única vía ni la que deba ser privilegiada, asumir posturas pluralistas puede ser uno de los caminos prometedores que como filósofos de la ciencia podemos promover en el afán de reducir los potenciales daños sociales y ambientales de la ciencia y la tecnología. La modesta contribución de este artículo consistió en alertar que el horizonte de los riesgos de las intervenciones científico-tecnológicas reposa, al menos en parte, sobre el horizonte de la pluralidad científica. Reconstruir ese horizonte común es una tarea pendiente de la filosofía de la ciencia en el debate monismo vs. pluralismo.

Trabajos citados

- Ayala, Francisco. *Estudios sobre la filosofía de la biología*. Barcelona: Ariel, 1983.
- Carnap, Rudolf. *The Logical Syntax of Language*. 1934. London: Routledge and Kegan Paul, 1937.
- Cartwright, Nancy. *The Dappled World: Studies of the Boundaries of Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- Cat, Jordi. “The Unity of Science”. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. <<https://plato.stanford.edu/archives/fall2017/entries/scientific-unity/>>.
- Choe, Hyerun et ál. “The β -chemokine Receptors CCR3 and CCR5 Facilitate Infection by Primary HIV-1 Isolates”. *Cell* 85.7 (1996): 1135-1148.
- Doudna, Jennifer y Emmanuelle Charpentier. “The New Frontier of Genome Engineering with CRISPR-Cas9”. *Science* 346.6213 (2014): 1258096/1-1258096/9.
- Dupré, John. *The Disorder of Things: Metaphysical Foundations of the Disunity of Science*. Cambridge: Harvard University Press, 1993.
- Fehr, Carla. “Explanations of the Evolution of Sex: A Plurality of Local Mechanisms”. *Scientific Pluralism Studies in the Philosophy of Science*. Eds. Stephen Kellert, Helen Longino y Kenneth Waters. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2006. 167-189.
- Folguera, Guillermo y Nahuel Pallito. “Diversidad, pluralismos, reducciones en la biología: análisis de las relaciones entre nociones de gen”. *Metatheoria. Revista de Filosofía e Historia de la Ciencia* 8.2 (2018): 63-73.
- Garfinkel, Alan. *Forms of Explanation*. New Haven: Yale University Press, 1981.
- Giere, Ronald. *Scientific Perspectivism*. Chicago: The University of Chicago Press, 2006.
- Gumer, Jennifer. “The Wisdom of Germline Editing: An Ethical Analysis of the Use of CRISPR-Cas9 to Edit Human Embryos”. *The New Bioethics* 25.2 (2019): 137-152.
- Jinek, Martin et ál. “A Programmable Dual-RNA-guided DNA Endonuclease in Adaptive Bacterial Immunity”. *Science* 337.6096 (2012): 816-821.
- Kaiser, Marie. *Reductive Explanation in the Biological Sciences*. Dordrecht: Springer, 2015.

- Kellert, Stephen, Longino, Helen y Kenneth Waters. *Scientific Pluralism, Studies in the Philosophy of Science*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2006.
- Kitcher, Philip. *Science, Truth, and Democracy*. Oxford: Oxford University Press, 2001.
- Krimsky, Sheldon. "Ten Ways in which He Jiankui Violated Ethics". *Nature Biotechnology* 37.1 (2019): 19-20.
- Lander, Eric. "The Heroes of CRISPR". *Cell* 164.1 (2016): 18-28.
- Lederman, Michael et ál. "Biology of CCR5 and Its Role in HIV Infection and Treatment". *JAMA* 296.7 (2006): 815-826.
- Longino, Helen. *The Fate of Knowledge*. Princeton: Princeton University Press, 2002.
- _____. "Theoretical Pluralism and the Scientific Study of Behavior". *Scientific Pluralism Studies in the Philosophy of Science*. Eds. Stephen Kellert, Helen Longino y Kenneth Waters. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2006. 102-131.
- _____. "Knowledge for What? Monist, Pluralist, Pragmatist Approaches to the Sciences of Behavior". *Philosophy of Behavioral Biology. Boston Studies in Philosophy of Science*. Eds. Kathryn Plaisance y Thomas Reydon. Dordrecht: Springer, 2012. 25-40.
- _____. *Studying Human Behavior: How Scientists Investigate Aggression and Sexuality*. Chicago: The University of Chicago Press, 2013.
- Ma, Yuanwu, Zhang, Lianfeng y Chuan Qin. "The First Genetically Gene-edited Babies: It's 'irresponsible and too early' ". *Animal Models and Experimental Medicine* 2.1 (2019): 1-4.
- Mitchell, Sandra. *Biological Complexity and Integrative Pluralism*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- Nagel, Ernest. *La estructura de la ciencia*. 1961. Barcelona: Paidós Surcos, 2006.
- Normile, Dennis. "Shock Greets Claim of CRISPR-edited Babies". *Science* 362.6418 (2018): 978-979.
- Oppenheim, Paul y Hilary Putnam. "The Unity of Science as a Working Hypothesis". *Minnesota Studies on the Philosophy of Science*. Vol. II. Eds. Herbert Feigl, Michael Scriven y Maxwell Grover. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1958. 3-36.

- Pallitto, Nahuel. *Representar e intervenir el comportamiento humano. Un análisis desde la filosofía de la biología*. Tesis de doctorado 2019. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Richardson, Alan. "The Many Unities of Science: Politics, Semantics and Ontology". *Scientific Pluralism Studies in the Philosophy of Science*. Eds. Stephen Kellert, Helen Longino y Kenneth Waters. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2006. 1-25.
- Rong, Zhili et ál. "Homologous Recombination in Human Embryonic Stem Cells Using CRISPR/Cas9 Nickase and a Long DNA Donor Template". *Protein Cell* 5.4 (2014): 258-260.
- Ruphy, Stéphanie. "Is the World Really 'Dappled'? A Response to Cartwright's Charge against 'Cross-Wise' Reduction". *Philosophy of Science* 70.1 (2003): 57-67.
- _____. "Are Stellar Kinds Natural Kinds? A Challenging Newcomer in the Monism/Pluralism and Realism/Antirealism Debate". *Philosophy of Science* 77.5 (2010): 1109-1120.
- _____. *Scientific Pluralism Reconsidered: A New Approach to the (Dis)Unity of Science*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2016.
- Sternberg, Samuel y Jennifer Doudna. "Expanding the Biologist's Toolkit with CRISPR-Cas9". *Molecular Cell* 58.4 (2015): 568-574.
- Suppes, Patrick. "The Plurality of Science." *PSA 1978: Proceedings of the 1978 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*. Vol. II. Eds. Peter Asquith y Ian Hacking. East Lansing: Philosophy of Science Association, 1978. 3-16.
- Zhang, Linqi et ál. "Open Letter from Chinese HIV Professionals on Human Genome Editing". *The Lancet* 393.10166 (2018): 26-27.