

## Nancy Cartwright, una introducción a su filosofía de la ciencia

A. Rodríguez-Yáñez

*División de Ciencias e Ingenierías, Campus León, Universidad de Guanajuato,  
Loma del Bosque 103 Col. Lomas del Campestre, 37150 León, Gto., México.  
e-mail: rodriguezya2016@licifug.ugto.mx*

V. Aboites\*

*División de Fotónica, Centro de Investigaciones en Óptica,  
Loma del Bosque 115 Col. Lomas del Campestre, 37150 León, Gto., México.  
\*Autor de correspondencia e-mail: aboites@cio.mx*

L. M. Rionda

*Departamento de Estudios Sociales, Campus León, Universidad de Guanajuato,  
Blvd. Puente Milenio 1001, Predio San Carlos, 37670 León, Gto., México.  
e-mail: riondal@ugto.mx*

Received 13 May 2020; accepted 7 September 2020

En este artículo se presenta una breve introducción a la filosofía de la ciencia de Nancy Cartwright, esto a partir de una crítica y análisis físico y filosófico de varias de sus publicaciones, en particular “How the Laws of Physics Lie” [1] y “The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science” [2]. Nancy Cartwright es conocida por lo original y controversial de muchas de sus posturas filosóficas; en especial sus ideas sobre leyes, verdad y modelos han logrado que estos temas sean nuevamente estudiados y analizados por muchos otros filósofos. Para explicar sus ideas, Cartwright hace uso de diferentes conceptos, algunos novedosos y otros no tanto, pero redefinidos con un sentido específico, por ejemplo; *máquinas nomológicas*, *capacidades*, *leyes ceteris paribus*, entre otros. Cartwright considera que ninguna teoría puede ser universal ni fundamental, éstas solo pueden ser probablemente verdaderas y aplicables en un rango determinado bajo ciertas circunstancias y condiciones. Su filosofía se centra en la idea de que el mundo está regido por un conjunto de leyes *ceteris paribus*, es decir leyes que solo funcionan bajo condiciones específicas y en un determinado dominio, y por lo tanto ninguna ley puede ser considerada como universal. Esto en contraste con el fundamentalismo científico aceptado por algunos científicos que creen en la existencia de una sola ley fundamental, o un conjunto de leyes fundamentales y universales, capaces de explicar y predecir todos los fenómenos físicos que existen en la naturaleza, en donde por fenómeno físico se entiende un hecho o acontecimiento de la naturaleza. Es sabido que los fundamentalistas creen que la historia de la ciencia y el conocimiento científico proporciona una gran variedad de resultados que confirman la existencia de leyes fundamentales. Este es el fundamentalismo que Cartwright combate y sus argumentos principales son aquí discutidos. Así mismo, se expone el uso y significado de términos particularmente controversiales en la filosofía de la ciencia de Cartwright como el concepto de *capacidades*, el cual ha sido examinado por muchos filósofos contemporáneos. Asimismo, Cartwright sostiene que no todo lo que sucede en el mundo puede ser explicado por leyes, sino solo aquellas cosas para las cuales existen modelos, sus argumentos son expuestos y discutidos, así como su planteamiento de que los modelos son planos para la creación de máquinas nomológicas. Finalmente se considera el concepto de capacidad en la mecánica cuántica lo cual se hace a partir del análisis de la aplicación de la ecuación de Schrödinger.

*Descriptors:* Filosofía de la ciencia; Nancy Cartwright; capacidades.

This article presents a succinct introduction to Nancy Cartwright’s philosophy of science, based on a physical and philosophical analysis and critique of several of her publications, in particular “How the Laws of Physics Lie” [1] and “The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science” [2]. Nancy Cartwright is known for the original and provocative of many of her philosophical positions; especially her ideas on laws, truth and models have caused that these topics are again studied and analyzed by many other philosophers. To explain her ideas, Cartwright makes use of different concepts, some novel and others not so much, but redefined in a specific sense, for example: nomological machines, capacity, *ceteris paribus* laws, among others. Cartwright believes that no theory can be universal or fundamental, they can only be probably true and applicable in a certain range under certain circumstances and conditions. Her philosophy focuses on the idea that the world is governed by a set of *ceteris paribus* laws, that is, laws that only work under specific conditions and in a certain domain, and therefore no law can be considered as universal. This in contrast to the scientific fundamentalism accepted by some scientists who believe in the existence of a single fundamental law, or a set of fundamental and universal laws, capable of explaining and predicting all phenomena that exist in nature, where phenomena is understand as a fact or event of nature. Fundamentalists are known to believe that the history of science and scientific knowledge provides a wide variety of results that confirm the existence of fundamental laws. This is the fundamentalism that Cartwright fights and her main arguments are discussed here. Likewise, the use and meaning of particularly controversial terms in Cartwright’s philosophy of science is exposed, such as the concept of capacity, which has been examined by many contemporary philosophers. Also, Cartwright argues that not everything that happens in the world can be explained by laws, but only those things for which models exist, her arguments are exposed and discussed, as well as her approach that models are blue prints for the creation of nomological machines. Finally, the concept of capacity in quantum mechanics is considered, which is done from the analysis of the application of the Schrödinger equation.

*Keywords:* Philosophy of science; Nancy Cartwright; capacities.

PACS: 01.70.+w; 01.65.+g; 01.75.+m

DOI: <https://doi.org/10.31349/RevMexFisE.18.168>

## 1. Introducción

En este trabajo se presentan las ideas centrales de la filosofía de la ciencia de Nancy Cartwright. Se analizan las propuestas fundamentales de la autora incluyendo su postura sobre el fundamentalismo y las leyes universales [3,4]. Así mismo se expone el uso de las capacidades en su filosofía de la ciencia [5-10] y la definición de los modelos como representaciones del mundo real [11,12]. Finalmente se realiza un análisis crítico sobre el concepto de capacidades en la mecánica cuántica [13-15] y se presentan las conclusiones.

Nancy Cartwright es una de las filósofas de la ciencia más importantes en la actualidad, es asociada académica del Departamento de Filosofía de la Ciencia de la London School of Economics así como profesora de la Universidad de Durham y de la Universidad de California en San Diego. Su prominencia se debe a lo original y controversial de muchas de sus ideas las cuales han sido expuestas en numerosas publicaciones. En particular sus libros “How the Laws of Physics Lie” [1] y “The Dappled World” [2] han generado enorme interés y polémica dentro de las comunidades científicas y filosóficas del mundo. Cartwright no solo se caracteriza por sus ideas en filosofía de la física, también ha realizado aportes en filosofía de la economía inspirada frecuentemente por las ideas de John Stuart Mill.

En su tesis de 1983 Cartwright establece que las leyes fundamentales de la física “mienten” cuando se usan para explicar y cuando son verdaderas no sirven para explicar. Cartwright se autodenomina empirista “soy una empirista. No conozco ninguna guía a los principios excepto la práctica exitosa” [16]. A diferencia de la “doctrina fundamentalista”, la cual define como:

“una tendencia a pensar que todos los hechos deben pertenecer a un gran esquema (...) Esto es el tipo de doctrina fundamentalista que creo que debemos resistir” [17], Cartwright dirige su enfoque a la tesis de que el mundo está regido por un conjunto de leyes no fundamentales, las cuales son válidas sólo respecto de su dominio de aplicación. En secciones posteriores se analizará con mayor detalle la crítica de Cartwright en contra del fundamentalismo. Para comprender la filosofía de la ciencia de Cartwright es importante comprender algunos conceptos básicos que ella utiliza en su análisis como; teorías *ceteris paribus*, capacidades, máquinas nomológicas, modelos interpretativos, modelos representativos, entre otros.

Cartwright considera que ninguna teoría puede ser universalmente aplicable, éstas solo pueden ser “verdaderas en su dominio” [18] y por consiguiente aplicables, exclusivamente, en un dominio determinado bajo condiciones *ceteris paribus* (o de aislamiento). Llama a estas teorías *ceteris paribus*, la autora entiende la cláusula *ceteris paribus* como un supuesto de aislamiento de aquello a lo que se refiere la ley.

Lo que significa que cuando se realiza un experimento, la aplicación de una teoría o una ley, o una simple predicción teórica, se hace bajo el supuesto de que no hay –o habrá– en el sistema bajo estudio ninguna influencia perturbadora de un factor que lo modifique significativamente, o afecte el desarrollo natural de los acontecimientos, se trata de condiciones “ideales” que solo ocurren excepcionalmente de modo natural.

Cartwright considera que las propiedades de los objetos vienen dadas por sus capacidades (y no por fuerzas físicas), estas tendrán diferentes manifestaciones dependiendo de la situación en la que se esté analizando; Por ejemplo, según la ley de Coulomb dos objetos cargados negativamente experimentan una fuerza repulsiva provocando un movimiento que las aleja. Sin embargo, si consideramos el experimento descrito por Towfic Shomar [19], se observará que dos cargas negativas producen un movimiento que las acerca, por tanto, el movimiento que realicen los objetos, ya sea acercarse o alejarse, es considerado resultado de las capacidades de las cargas (de sus capacidades) y dependerá de cuál es la construcción del ambiente (características del entorno o del contexto) en el que se está analizando el fenómeno físico.

El uso del término “capacidades” como definición de las diferentes propiedades de los objetos, se puede entender mejor recordando las definiciones de acto y potencia de Aristóteles; la potencia es la posibilidad que tiene un ente de llegar a ser algo. Es notable la similitud que esto tiene con el término capacidades de Cartwright sin ser necesariamente idéntico.

Otra forma de comprender el concepto de capacidades usado por Cartwright es, como ella misma lo hace, apelando a las ideas económicas de John Stuart Mill [2]. Aunque, más que a sus ideas económicas, hace referencia a la definición de tendencia que en economía se usa con relativa frecuencia y que él empleara tempranamente. Tomemos el siguiente ejemplo de economía: el aumento de impuestos “tiende a incrementar” los precios; similar a la ley de atracción gravitacional de Newton que establece que las masas “tienen la capacidad” de atraerse. Es fundamental señalar que para Cartwright las fuerzas físicas no existen, sino solo las capacidades.

Cartwright define ley como; “asociación regular necesaria entre propiedades consideradas como correctas” [20], las leyes científicas nos dan información sobre cómo se relacionan las capacidades de algún fenómeno físico. La forma de elegir las condiciones y el ambiente en el cual un fenómeno físico va a ser analizado, según Cartwright, es por medio de máquinas nomológicas las cuales define como:

“Es un arreglo fijo de componentes, o factores, con capacidades estables que, en el tipo correcto de ambiente estable, con repetidas operaciones, da origen a un comportamiento regular que representamos en nuestras leyes científicas” [21].

El aspecto central de las máquinas nomológicas es la ne-

cesidad de un entorno controlado, ya que de esta manera es posible tener la regularidad y el aislamiento al que se refieren las leyes *ceteris paribus*.

A su vez Cartwright afirma que no se aplican las teorías a la naturaleza, sino los modelos, a los que considera de dos categorías; modelos representativos y modelos interpretativos. Los primeros son utilizados cuando se quiere describir fenómenos físicos específicos y se debe ir más allá de la teoría; los segundos son formulados dentro de una teoría por medio de los principios puente para analizar un fenómeno físico, los principios puente proporcionan información acerca de cómo interpretar los términos abstractos de una teoría para volverlos concretos. Más sobre este punto posteriormente.

Sin duda alguna, el análisis de la filosofía de la ciencia de Cartwright es de suma importancia en la actualidad, causando mucha controversia y provocando que filósofos de la ciencia regresen a estudiar temas que algunos consideraban rebasados e incluso anacrónicos como modelos, teoría o verdad. Hay en la realidad dominios donde se producen cosas observables regularmente, pero esos dominios no dependen unos de otros, y por tanto es una ilusión pensar que una teoría única o unificadora que describa correctamente lo que ocurre en los objetos en todos esos dominios se pueda formular. Ese es el patchwork world, un “mundo de retazos” o realidad, que es como un collage donde conviven sin conexión diversos ámbitos que producen respectivas regularidades observables.

Aparte del interés intrínseco de los autores por el tema, este artículo surgió debido a que muchas de las publicaciones de Cartwright no han sido traducidas al español, privando de este modo a académicos y jóvenes estudiantes de ciencia y filosofía del mundo hispanohablante, de conocer las contribuciones de una de las más importantes filósofas de la ciencia contemporáneos.

## 2. Ideas centrales de la filosofía de la ciencia de Cartwright

Generalmente se considera que partir de las leyes científicas, el conocimiento científico es capaz de explicar, de manera precisa, los fenómenos físicos que ocurren en la naturaleza; de hecho, algunos científicos creen en la existencia de un esquema fundamental, de un conjunto de leyes fundamentales y universales, capaces de explicar y predecir todos los hechos físicos. A esta corriente de pensamiento Cartwright la denomina “fundamentalismo” y es aquello que (sugiero suprimir esto) supone –al menos respecto de la física– que “el mundo” está hecho de una sola pieza, que todo objeto físico tiene las mismas propiedades físicas siempre. Según el fundamentalismo, la historia de la ciencia y el conocimiento científico proporcionan una gran variedad de resultados que confirman la existencia de leyes fundamentales. Este es el fundamentalismo que Cartwright pretende combatir, mientras que también defiende un realismo científico (*i.e.* tesis según la cual las entidades inobservables postuladas por la ciencia existen)

que sugiere conjuntos de leyes *ceteris paribus* aplicables a diferentes dominios de la naturaleza.

Es igualmente importante subrayar que Cartwright divide a los fenómenos físicos en dos categorías: a) aquellos que pueden ser legítimamente catalogados dentro de esquemas teóricos y b) aquellos que no [22]. Por otra parte, para aplicar las leyes científicas, es necesario crear modelos. Los científicos se encargan de crear las condiciones necesarias para que los modelos se ajusten a la teoría; sin embargo, hay ocasiones que los modelos no sirven para explicar la realidad, esto no significa que la teoría sea incorrecta, sino que el modelo es inaplicable; en esos casos es necesario ajustar el modelo a otra teoría. Si no es posible ajustar un modelo a una teoría, los fundamentalistas consideran que el fenómeno físico no puede ser explicado con esa teoría y por lo tanto tampoco se comporta bajo las condiciones establecidas por la teoría. Consideremos el ejemplo de Otto Neurath de un billete de mil Marcos cayendo desde lo alto de una torre [18], según Cartwright no existe un modelo capaz de explicar este hecho utilizando la segunda ley de Newton, sin embargo para los fundamentalistas, este no es un motivo suficiente para decir que la segunda ley de Newton sea inaplicable, sino que se debe considerar que hay otras fuerzas actuando sobre el billete. Al hacer esto, Cartwright sostiene que el problema se volvería muy complejo, por lo que es preferible aceptar que la caída del billete no está descrita por la segunda ley de Newton pues intervienen factores de dinámica de fluidos que rebasan con mucho la sencilla explicación de la caída de un cuerpo dada por la segunda ley de Newton.

Según Cartwright, para el fundamentalismo hay dos maneras, metafísicamente diferentes, de explicar el funcionamiento de las teorías en el mundo, así como su origen, el holismo y el pluralismo nomológico. El holismo, apoya al fundamentalismo y establece que todas las teorías proceden de la observación. Cuando se quiere observar y analizar un fenómeno físico, los científicos hacen uso de la experimentación en laboratorios donde son capaces de aislar el fenómeno físico en estudio y controlar todas las variables, por lo que es posible obtener resultados precisos. Sin embargo, una vez fuera del laboratorio los científicos no son capaces de controlar las variables involucradas, por lo que los resultados observados pueden verse afectados y por consiguiente no ajustarse a las teorías. Si los científicos desarrollaran las teorías solamente en base a lo que sucede en los laboratorios, según Cartwright, esto podría llevarnos a teorías generalizadas que explicarían de manera errónea la naturaleza.

Para Cartwright, es importante hacer la distinción entre los fenómenos físicos que ocurren dentro y fuera del laboratorio; podemos preguntar: ¿Por qué es importante hacer la distinción entre fenómenos físicos que suceden dentro y fuera del laboratorio? ¿Qué tan diferentes son los fenómenos físicos que suceden dentro y fuera del laboratorio? ¿Cómo afecta esto a la proposición de teorías generalizadas? Dentro del laboratorio se tienen condiciones de aislamiento y las “leyes de retazos” son válidas en esa situación, mientras que fuera del laboratorio pueden ocurrir un sinnúmero de hechos no

planeados –como en el ejemplo anterior de Neurath–, por lo que no es posible crear teorías generalizadas con base a lo que ocurre dentro del laboratorio, pero entonces: ¿Podemos crear teorías generalizadas de fenómenos físicos que ocurran fuera del laboratorio? ¿Es posible controlar todas las variables como en un laboratorio? La respuesta sencilla es *no*, sin embargo, el poder controlar algunas variables hace posible la creación de teorías *ceteris paribus*.

Por su parte, el pluralismo nomológico que Cartwright defiende, está en contra del fundamentalismo y expone que la naturaleza está regida por diversas teorías que son probablemente verdaderas, cada una de las cuales opera en un determinado dominio y pueden o no estar correlacionadas entre sí. Para que una teoría científica sea considerada como verdadera, es necesario crear un ambiente específico con condiciones adecuadas capaces de funcionar bajo condiciones *ceteris paribus*. Que una teoría sea verdadera no quiere decir que sea universalmente verdadera, sino que es verdadera solo en un dominio específico. Todas las teorías científicas cumplen dicha característica y por eso se les debe considerar teorías *ceteris paribus*. Cartwright postula que las teorías son afirmaciones generales y que los conceptos que se utilizan para definir las son abstractos y simbólicos; así mismo, que las teorías son prácticas en los modelos, aunque ningún modelo se ajuste a la perfección a la teoría.

El argumento central contra el fundamentalismo del libro *The Dappled World* (tr. *El Mundo Parchado*) de Cartwright [2] afirma que en todas las leyes de la física deben cumplirse *ceteris paribus* y que dichas leyes representan las regularidades que existen en el mundo; también establece que las leyes solo son verdaderas en dominios específicos de la realidad y que satisfacen lo establecido por las máquinas nomológicas.

Varios filósofos de la ciencia no coinciden con Cartwright respecto a su postura en contra del fundamentalismo; un ejemplo de esto es Carl Hoefer [23], quien afirma que el fundamentalismo solo tiene sentido cuando se toman en cuenta las siguientes consideraciones: a) existe un mundo físico externo a nosotros al cual tenemos un acceso epistémico no trivial, b) existen explicaciones para las regularidades que se observan en el mundo, c) las leyes universales ayudan a dicha explicación.

De acuerdo con Cartwright, los resultados de las teorías científicas se deben a que tenemos buenas máquinas nomológicas que solo funcionan en un determinado dominio. Para Hoefer [9], esta idea es peligrosamente similar a la siguiente frase: “tenemos razones para pensar que las leyes de una teoría física son válidas solo en aquellos casos en que podemos demostrar que son válidas” [24]. Como respuesta a esta objeción, Cartwright argumenta que las afirmaciones pueden ser confirmadas cuando se demuestra que funcionan en cierto dominio y si las características relevantes pueden ser descritas por conceptos de la teoría, entonces la teoría funciona. Esto es diferente a la idea de que si funciona dentro del laboratorio también lo hará fuera del laboratorio.

Para Hoefer el principal argumento a favor del fundamentalismo es que todos los científicos creen que el mundo físico está compuesto por ciertos tipos de partículas que son pequeñas y básicas; esto indica que no puede existir una diferencia relevante entre la materia que se estudia fuera y dentro del laboratorio pues es la misma, y por consiguiente, las leyes matemáticas que se utilizan para explicar las cosas dentro del laboratorio también servirán para explicarlo fuera. Sin embargo, para Cartwright esto solo muestra que determinados tipos de sistemas obedecen determinadas leyes matemáticas, por lo que ella propone otro argumento: Las leyes matemáticas logran captar los efectos producidos por las capacidades de la naturaleza bajo ciertas condiciones, y aunque esas capacidades existen fuera del laboratorio no significa que las leyes matemáticas sean verdaderas fuera de él. La idea de Cartwright sobre leyes de retazos y capacidades puede llevar a creer que no existe motivo para pensar que las explicaciones que existen en las teorías pueden mejorar.

Cartwright dice, “no es el realismo, sino el fundamentalismo lo que tenemos que combatir” [25], en esta frase resume su intento por persuadir a filósofos y científicos sobre la existencia de que los fenómenos físicos son regidos por leyes *ceteris paribus* y no por leyes fundamentales; sin embargo, aún existen muchas personas que están de acuerdo en la existencia de leyes fundamentales y universalmente aplicables, capaces de explicar todo lo que sucede en la naturaleza y unificar las cuatro fuerzas conocidas (fuerza electromagnética, fuerza débil, fuerza fuerte y fuerza gravitacional), incluso hay en la actualidad científicos cuyo trabajo es proponer teorías que corroboren ésta hipótesis. No obstante, pensar en un mundo regido por leyes *ceteris paribus* podría ser una manera sencilla de explicar el comportamiento de la naturaleza y es que, si los científicos no han sido capaces de encontrar una teoría que sea capaz de unificar todos los fenómenos de la naturaleza, ¿no podría significar esto que tal teoría no existe?

Uno de los conceptos más importantes dentro de la filosofía de Cartwright es el de capacidades. Para ella todas las cosas que estudia la ciencia física o natural, tienen propiedades y dichas propiedades siempre vienen sujetas a capacidades que son otorgadas por lo que hacen las cosas. Cartwright sostiene que las capacidades son los bloques fundamentales de las ciencias naturales [26] y que son descritas por los principios, por lo que son la base para la construcción de máquinas nomológicas. Consideremos el siguiente enunciado de Cartwright:

“El hecho de que C cause E significa que C conlleva la capacidad Q de producir E” [27].

Notamos que el concepto de capacidad es introducido para explicar la operación de leyes causales dándoles un carácter universal, en donde las leyes causales son *ceteris paribus*.

Para entender las máquinas nomológicas es importante resaltar la diferencia que existe entre capacidades y disposiciones [28]. Las disposiciones tienen un solo sentido que depende de las leyes y están relacionadas con un solo tipo de manifestación, mientras que las capacidades no están res-

tringidas a un solo tipo de manifestación, ya que los objetos con capacidades se pueden comportar diferente dependiendo de las circunstancias.

Se debe subrayar que las máquinas nomológicas garantizan el cumplimiento de las condiciones *ceteris paribus*. La forma más sencilla de obtener dichas máquinas es cuando se realiza un experimento en un laboratorio. Utilizando un ejemplo de Cartwright:

“Considere la ley de Coulomb,  $F = -q_1 q_2 / 4\pi\epsilon_0 r^2$ , para dos partículas con carga  $q_1$  y  $q_2$  separadas una distancia  $r$ . (...) Consideremos lo que la ley de Coulomb nos dice sobre el par de partículas. No nos dice absolutamente nada. Antes de cualquier movimiento, las partículas deben colocarse en un tipo especial de ambiente; el tipo de ambiente que he descrito como una máquina nomológica. Sin un entorno específico, no se determina movimiento alguno” [28].

En el ejemplo anterior, una suposición necesaria para aplicar la ley de Coulomb es considerar que las cargas no interactúan con ninguna otra carga. Hay ocasiones en las que la máquina nomológica puede ser encontrada en la naturaleza. Por ejemplo, en nuestro Sistema Solar, en el cual las leyes de Newton son aplicables debido a que la ley se considera *ceteris paribus*, donde se considera a los planetas como esferas o que no interactúan con ningún otro objeto del espacio ni entre ellos. En ambos casos, son las capacidades de los componentes de la máquina nomológica los que generan un comportamiento regular. Para comprender las máquinas nomológicas, Cartwright afirma que se necesita explicar en términos –o haciendo referencia– a capacidades en lugar de leyes [29], esto por dos motivos:

- 1.- Construcción (Building): Para construir máquinas nomológicas los científicos deben ser capaces de producir justo el efecto que desean. También utilizan términos abstractos que explican y predicen las cantidades y cualidades –las capacidades– que se pueden medir.
- 2.- Operación (Running): Cuando los científicos ponen una máquina nomológica a trabajar, es necesario activar o poner a funcionar las capacidades, ya que solo de esa manera es posible controlar las variables y obtener el modelo a *ceteris paribus*, o expandir el rango de aplicación, por lo que es importante el recubrimiento, es decir, las fronteras del experimento.

Lo anterior es una explicación de cómo –según Cartwright– las capacidades operan en situaciones experimentales; lo que sigue, es una explicación intuitiva del significado que le otorga al término capacidad tomándolo como sinónimo del concepto tendencia de Mill:

“Mill cree que las leyes de política económica y las leyes de la mecánica son leyes similares, no sobre las cosas que haces, sino sobre las tendencias que tienen [...] Sustituyendo la palabra “capacidad” por la palabra de Mill “tendencia”, su afirmación es exactamente lo que quiero establecer en este libro [...] Sugiero que el lector tome mi “capacidad” y la “tendencia” de Mill como sinónimos” [30].

Cartwright menciona como ejemplo la tendencia o capacidad de las cargas eléctricas de atraerse o rechazarse (dependiendo de su signo) de acuerdo con la Ley de Coulomb  $F = kq_1 q_2 / r^2$ , así como la tendencia o capacidad de las masas de atraerse de acuerdo con la Ley de gravitación de Newton  $F = Gm_1 m_2 / r^2$ . Otro ejemplo que menciona es la “capacidad que tiene la aspirina de quitar dolores de cabeza” [31].

En esta sección se han discutido diferentes ejemplos sobre el significado del concepto de capacidades, en secciones posteriores se analizará éste concepto utilizando como ejemplo el comportamiento de los electrones en la mecánica cuántica y el electromagnetismo. Para Cartwright el concepto de capacidad es utilizado para describir lo que un objeto puede hacer dependiendo de su entorno; pero aún no se ha definido qué es una capacidad, a esta pregunta Cartwright responde que una capacidad es lo que es debido a la ley en la que participa [32], sin embargo esto no representa una respuesta clara, ya que da lugar a un sinnúmero de otras preguntas, por ejemplo: ¿por qué las capacidades de los objetos se manifiestan dependiendo de la ley en la que estén participando? ¿Cómo saben los objetos bajo que ley están actuando? ¿Los objetos pueden elegir que capacidad mostrar?

Como anteriormente se ha expuesto, una visión general compartida por muchos científicos es que el conocimiento científico es capaz de explicar, de manera precisa, los fenómenos físicos que ocurren en la naturaleza a partir de las leyes científicas. Sin embargo, la aplicación del conocimiento científico requiere de la creación de modelos, los cuales deben estar fundamentados en términos de la teoría, para explicar a los fenómenos físicos. Hay ocasiones en que los modelos planteados no sirven para explicar la realidad, pero esto no significa que la teoría sea incorrecta, sino que el modelo es inaplicable; en esos casos será necesario ajustar el modelo a otra teoría. Según Cartwright, los filósofos han tenido dos puntos de vista sobre las teorías científicas, el realismo que establece que las teorías científicas son verdaderas y capaces de explicar al mundo y el instrumentalismo que considera a las teorías exclusivamente como instrumentos que nos ayudan a entender cómo manipular el mundo.

La opinión y definición que Cartwright otorga a los modelos y a su relación con las teorías ha cambiado a lo largo de los años (*p. ej.* en *How the Laws of Physics Lie* (1983) y *The Dappled World* (1999)). En sus inicios, la idea de Cartwright acerca de los modelos establecía que éstos eran simulaciones que servían para explicar un fenómeno físico. Un modelo podía explicar un fenómeno físico, pero eso no significaba que afirmara alguna verdad del fenómeno físico, por lo que Cartwright otorga a los modelos un estatus de ficción, en sus palabras:

“Explicar un fenómeno es encontrar un modelo que se ajuste al marco básico de la teoría y que nos permita derivar análogos de las complejas y complicadas leyes fenomenológicas que le son ciertas” [33].

Cartwright, considera las teorías como herramientas que sirven en la construcción de los modelos y por tanto, no re-

presentan la realidad, adoptando una postura instrumentalista. Cuando se trata de nuevas teorías, los científicos, tienen la necesidad de atribuir nuevas propiedades al mundo para que el nuevo desarrollo matemático sea verdadero, en las palabras de Cartwright: "... la tendencia de seguir expandiendo las estructuras y las propiedades del universo mientras expandimos nuestro tratamiento matemático" [34]. También expone que no hay manera de atribuir nuevas propiedades al mundo, dichas propiedades siempre han estado ahí, pero las nuevas teorías utilizan conceptos más abstractos para describirlas. Cuando Cartwright comienza a desarrollar su idea sobre el "mundo parchado o en retazos" [2] establece que existen diferentes teorías, que son válidas en un dominio, que pueden ser aplicadas a través de sus modelos, y que no todo lo que sucede en el mundo puede ser explicado por las leyes –entendiendo siempre que las leyes no se refieren en realidad a cosas como fuerzas físicas sino a capacidades– sino solo aquellas cosas para las cuales existen modelos. Por último, Cartwright considera dos tipos de modelos, modelos representativos y modelos interpretativos. Los primeros son utilizados cuando se quiere describir fenómenos físicos específicos y sirven como planos para la creación de máquinas nomológicas [36], mientras que los segundos son formulados dentro de una teoría por medio de los principios puente, que son enunciados que contienen términos que se refieren a cosas que no son directamente observables (teóricos) y términos que se refieren a cosas observables (observacionales). Cartwright entiende los principios puente como:

“Los principios puente no proporcionan una forma de pasar de términos abstractos a concretos, sino más bien una forma de interpretar los términos de la teoría, cuyos significados están restringidos, pero no fijados” [35].

Consideremos la ley de Gravitación Universal de Newton, la cual está dada por la fórmula  $F = GmM/r^2$ . Para que esta ley pueda ser aplicable debemos definir un modelo, en este caso: analizaremos el movimiento entre dos objetos, A y B, de masa  $m$  y  $M$ , respectivamente, en donde las masas se relacionan de la siguiente manera:  $m \ll M$ . Para este ejemplo, la relación entre las masas es el principio puente, el cual nos dice que, si la fuerza gravitacional entre dos objetos es de la forma  $GmM/r^2$ , entonces el objeto de menor masa se moverá en una órbita elíptica  $1/r = 1 + ce \cos(\theta)$ , donde  $e$  es la excentricidad. Sin este principio puente la teoría no puede predecir la órbita elíptica del objeto A [36].

Otro punto importante dentro de la filosofía de la ciencia de Cartwright es la metodología a través de la cual la ciencia explica lo que considera que es la realidad [2]. Para ella la metodología correcta es a través de un mundo regido por “leyes de retazos”. Admite que no hay razones suficientes para creer que el mundo real está regido ya sea por leyes de retazos o por leyes fundamentales; sin embargo, para ella hay un buen motivo para creer que la descripción del mundo físico es a través de un conjunto de leyes de retazos, esto

es debido a que las teorías solo pueden representar pequeños dominios del mundo y no el mundo en su globalidad.

Para Cartwright, modelar es una actividad propia de la ciencia porque los modelos sirven para representar la realidad; sin embargo, hay ocasiones en las que existen diferentes modelos para explicar un solo fenómeno físico. Son bajo estas circunstancias que Cartwright afirma que debemos aceptar que diferentes modelos pueden explicar un solo fenómeno físico por lo que se deben aplicar los modelos dependiendo de las condiciones *ceteris paribus*. Cartwright establece que es común que los modelos sean construidos utilizando teorías rivales dependiendo de la situación, o incluso combinándolas. Para esta situación utiliza el siguiente ejemplo: “En las situaciones adecuadas, algunos sistemas tienen estados cuánticos, algunos estados clásicos y algunos ambos” [37].

Para resolver esto, algunos filósofos sugieren que es necesario analizar el significado de verdadero. Cuando lo que dice una proposición se encuentra en el mundo real, puede considerarse como verdadera. Por tanto, si existen dos descripciones de un solo sistema y ambas son verdaderas, entonces las descripciones son independientes entre ellas, pero si ambas descripciones se contradicen desde el punto de vista lógico, tenemos una inconsistencia. Podemos hacer el siguiente experimento mental: Consideremos un fenómeno físico M que puede ser explicado por múltiples modelos, pero después de aplicar las condiciones *ceteris paribus* notamos que aún puede ser explicado por dos modelos de dos teorías diferentes (A y B), sin embargo, ambas teorías son excluyentes, es decir, si A es verdadera entonces B es falsa y viceversa, ¿cuál sería la manera correcta de modelar este fenómeno físico? ¿Qué implicaría que, tras aplicar las condiciones *ceteris paribus*, el fenómeno físico aún se pueda explicar por medio de dos modelos diferentes? ¿Cómo podemos definir qué modelo y qué teoría es la correcta?

Para Cartwright no debe existir una “teoría de la verdad” [38], sin embargo, los modelos pueden darnos evidencia de que existen algunas afirmaciones sobre el mundo que pueden ser aproximadamente verdaderas, pero las consecuencias deductivas que se obtengan a partir de ese modelo no tienen que ser necesariamente verdaderas. Antes de hablar de “condiciones de verdad”, es importante definir qué tipo de afirmaciones serán verdaderas en base a las circunstancias en las cuales se está aplicando el modelo; si podemos entender las afirmaciones que son derivadas del modelo, entonces podemos juzgar si el modelo representa o no la realidad dependiendo de en qué medida son verdaderas sus afirmaciones.

Considerando los modelos representativos de Cartwright, podemos establecer que éstos son verdaderos debido a que representan al mundo real, siempre y cuando sean considerados como máquinas nomológicas, entendiendo que estas pueden ser naturales (*p. ej.*, el movimiento planetario) o artificiales (*p. ej.*, un péndulo). Al considerar a los modelos como verdaderos, tenemos que explicar cómo podemos decidir qué modelo “es más” verdadero, esto es, si varios modelos pueden decir cosas verdaderas y falsas sobre un fenómeno físico, uno de ellos deberá implicar más condiciones verdaderas. La idea

de implicar establece que el contenido de los modelos puede ser expresado como proposiciones, las proposiciones serán importantes cuando digan información relevante sobre el modelo. Cartwright considera a las teorías como enunciados abstractos y por consiguiente no pueden ser verdaderas, ni representar directamente fenómenos físicos empíricos, lo cual es una postura típicamente instrumentalista, mientras que los modelos consideran las propiedades más importantes de un fenómeno físico permitiéndoles ser verdaderos. Para explicar esto, tomemos como ejemplo la segunda ley de Newton,  $F = ma$ , la cual es una formulación general y abstracta, pero, para poder construir un modelo debemos de especificar el cuerpo sobre el cual la fuerza está actuando.

Para Cartwright, dentro de la ciencia, para representar cómo es el mundo, los científicos deben recurrir a los modelos, no a las teorías. Para ella, que una teoría sea abstracta quiere decir que no puede ser aplicada a un fenómeno físico concreto, por lo que las teorías son simplemente una herramienta para la construcción de modelos, ¿esta afirmación no representa una contradicción con aquellos filósofos que consideran a la filosofía de Cartwright como realista? ¿Hasta qué punto la filosofía de Cartwright representa un punto de vista realista y hasta qué punto instrumentalista? ¿Pueden ambas corrientes filosóficas, en vez de ser excluyentes, complementarse? Las teorías y los modelos deben ser probados, las teorías al ser aplicadas mediante modelos a diferentes fenómenos físicos, y los modelos al ser coherentes con los fenómenos físicos. El enfoque hacia los modelos como formas de expresar el conocimiento de al menos algunas disciplinas, como la física y la economía, es una gran contribución a la filosofía de la ciencia por parte de Cartwright, sin embargo, al considerar a las teorías como no verdaderas debido a que no representan a la realidad ¿cómo es posible que los modelos sean considerados como verdaderos si están realizados en base a lo que dice la teoría? Sin utilizar el argumento de la moral y la fábula, ¿cómo es posible realizar el salto de lo no verdadero a lo verdadero, de lo abstracto a lo concreto? Lo que hace Cartwright -aunque no explícitamente, pero su enfoque es afín al instrumentalismo- es afirmar que las teorías no describen (tal como los instrumentos o reglas) pero permiten formular no directamente enunciados observacionales sino modelos, que son verdaderos porque describen correctamente hechos observables (producidos por máquinas nomológicas), cuya existencia luego los datos o enunciados de observación confirman; pero el paso no es de lo abstracto a lo concreto –como la autora sugiere– sino de lo teórico o a lo observacional.

### 3. Análisis crítico

En esta sección se realiza un análisis crítico de la tesis de Cartwright sobre las capacidades. Una crítica al uso del concepto de capacidad radica en que pareciera evitar encontrar las causas reales de un fenómeno físico. Por ejemplo, sabemos que en 1897 el químico alemán Felix Hoffmann, que trabajaba en la empresa farmacéutica Bayer, descubrió el áci-

do acetilsalicílico, principio activo de la Aspirina. Se trata de un éster acetilado del ácido salicílico con fórmula molecular  $C_9H_8O_4$ . La actividad farmacológica de los extractos del sauce (*Salix alba*) ya era conocida en el antiguo Egipto desde 1,500 años B.C. y está expuesta en los papiros de Ebers [39], por lo que podemos afirmar que la acción analgésica, antiinflamatoria y antipirética de los salicilatos ya era conocida desde los antiguos egipcios. También en la antigua China se utilizaba la corteza del sauce para aliviar los dolores reumáticos. Lo que era desconocido era una explicación científica justificando la acción farmacológica de esta sustancia. No fue hasta 1971 cuando el científico británico John Robert Vane [40] descubrió el mecanismo por el que el ácido acetilsalicílico presentaba acción analgésica: se debía a su capacidad para inhibir la síntesis de prostaglandinas, inhibiendo concretamente la enzima ciclooxigenasa. Este descubrimiento le valió el Premio Nobel en 1982. Podemos ver que el avance científico permitió dar una explicación del efecto de la aspirina no en base a misteriosas capacidades sino a partir de la química molecular moderna. Desde luego, desde el punto de vista de Cartwright, se puede argumentar que lo anterior se debe a que las capacidades de la aspirina inhiben la enzima ciclooxigenasa.

De modo similar sabemos ahora a partir del Modelo Estándar de la física que la interacción entre dos partículas cargadas es debida al intercambio de fotones. En general los bosones como; el fotón, W y Z, el gluón, y el gravitón –éste último conjeturado pues aún no ha sido descubierto– son los portadores de fuerza. Si hay fuerzas entre masas o partículas cargadas no tendríamos que apelar a “capacidades” para explicar lo que ocurre. Sin embargo, como en el ejemplo anterior, desde el punto de vista de Cartwright, se puede argumentar que lo que ocurre es el resultado de las capacidades de las partículas interactuantes. Por otra parte, varios autores han concluido que apelar a Mill ayuda poco a entender la idea de capacidades como un concepto general y fundamental de las ciencias naturales [41]. Se ha señalado que Nancy Cartwright ha sido empirista y realista, a pesar de que algunos piensan que esas posiciones son incompatibles. Muchos empiristas piensan que debido a que el empirismo normalmente es anti metafísico, debe también de ser antirrealista. El realismo científico de Cartwright ha sido descrito como realismo de entidades, sin embargo, ha distinguido su creencia en entidades de su rechazo a leyes teóricas. Por otra parte, no hay duda de su realismo acerca de capacidades, ya que estas constituyen la base fundamental de su metafísica. Esta metafísica ha sido ampliamente discutida por filósofos como R. Giere [6] y S. Psillos [10].

Consideremos ahora como ejemplo la ecuación de Schrödinger. Al aplicarla es posible obtener información sobre átomos y moléculas, *p. ej.*, utilizando modelos idealizados se obtienen niveles atómicos de energía y resultados probabilísticos como son las distribuciones electrónicas. Sin embargo, existe un caso simple, que en seguida analizaremos, en el cual el resultado es aplicable al mundo físico con gran precisión; cuando se resuelve la ecuación de Schrödinger pa-

ra el átomo de Hidrógeno en donde se obtienen los eigenvalores de la energía de las órbitas permitidas y por tanto las transiciones espectrales del Hidrógeno.

A partir del ejemplo anterior consideremos el concepto de capacidad en la mecánica cuántica. En el párrafo anterior, se señala que al resolver la ecuación de Schrödinger para el caso más simple del átomo de Hidrógeno se obtiene un resultado aplicable al mundo físico. Al analizar la solución obtenida para el átomo de Hidrógeno a partir de la tesis de Cartwright sobre capacidades, podemos concluir que dicha ecuación no puede ser considerada como el resultado de las capacidades de una situación aislada, ya que de ser así tendríamos que especificar qué capacidades son relevantes y por qué bajo esas circunstancias la ecuación es verdadera. Sabemos que el átomo de Hidrógeno está constituido por un electrón, un protón y un neutrón, por lo que cada uno de estos componentes tiene una capacidad distinta cuando están interactuando. En primer lugar, se debe considerar la capacidad de atracción entre el electrón y el protón, expresada por medio de la ley de Coulomb, sin embargo, esta ley no ayuda a explicar por qué el electrón se mantiene girando en una órbita dada en lugar de ser atraído por el protón. En segundo lugar, se deben considerar los postulados propuestos por Bohr en su modelo atómico que son [42]:

- i) La fuerza de Coulomb, en un electrón con movimiento planetario, provee la aceleración centrípeta requerida para mantener una órbita dinámica circular estable.
- ii) Las únicas órbitas permitidas son el conjunto discreto en las cuales el momento angular de un electrón es igual a un múltiplo entero “ $n$ ” de la constante de Planck, *i.e.*  $n\hbar$ ; en donde  $\hbar = h/2\pi$ .
- iii) Un electrón moviéndose en una órbita estable no radía.
- iv) La emisión o absorción de radiación ocurre solo cuando un electrón realiza una transición de una órbita a otra.

Como resultado de los postulados anteriores y a pesar de la Ley de Coulomb, los electrones en un átomo de hidrógeno tienen estados energéticos cuantizados y se mantienen en dichas órbitas. Partiendo del enfoque filosófico de Cartwright esto significaría que dependiendo de las condiciones *ceteris paribus* será el comportamiento del electrón y el protón, sin embargo, aún quedan interrogantes: ¿Cómo sabe el electrón y el protón que capacidades deben mostrar? Desde luego, el electrón no es un sujeto, por lo cual no puede saber nada, sino que posee –según Cartwright– capacidades causales (características propias) que, en las circunstancias adecuadas, producen acontecimientos observables o “efectos” ¿Cuántas y cuáles son las condiciones *ceteris paribus* que se deben establecer para obtener la capacidad deseada? Las capacidades no se obtienen, son una especie de propiedades metafísicas de las cosas que, en circunstancias adecuadas, se activan causando ciertos comportamientos. Para este caso particular, sabemos que el electrón y el protón tienen distintas capacidades,

pero ¿cuáles son las capacidades que mantienen a un electrón estable en una órbita? ¿Cuáles son las capacidades que hacen que un electrón y un protón se sientan atraídos? Suponiendo que el comportamiento del electrón sea algo observable, la autora diría que, precisamente, no se trata de que haya cargas, fuerzas y estados energéticos discretos o cuantizados (porque esas cosas tendrían que existir siempre y actuar siempre), sino que ese sistema físico está suficientemente aislado como para que el electrón se comporte girando alrededor del núcleo como resultado, consecuencia o efecto de ciertas capacidades, aunque no puedan ser individualizadas al detalle. Después de todo, son inobservables y el modelo mismo de Bohr parece dejar varias cosas sin explicar, parece que describe, pero deja muchas preguntas sobre porqué las cosas suceden como suceden.

Otra situación que se puede cuestionar sería analizando el ejemplo desde el punto de vista de la teoría electromagnética clásica, la cual sostiene que toda carga acelerada radía ondas electromagnéticas, por lo que en esta situación el electrón también tiene la capacidad de radiar, pero ¿cómo sabe un electrón cuándo está libre o en una órbita atómica estable y por tanto en el primer caso debe radiar, pero no en el segundo? En otras palabras, ¿cómo es posible que los objetos activen una u otra capacidad y por ende comportarse de una u otra manera? Este es uno de los principales problemas que pueden existir cuando se habla de capacidades; en un experimento sabemos que los objetos no pueden elegir cómo comportarse, se comportan dependiendo de las condiciones en las que se está realizando el experimento, pero al introducir el concepto de capacidad se está otorgando al objeto poder sobre cómo debe comportarse.

Otro tema importante dentro de la mecánica cuántica es el principio de incertidumbre de Heisenberg, el cual establece que:

“Cuanto más precisamente se determina la posición de una partícula, menos precisamente se determina su momento” [43].

El principio anterior es válido únicamente para escalas menores a  $10^{-9}$  metros, es decir dentro del dominio de la mecánica cuántica; ya que al considerar escalas mayores –en el dominio de la mecánica clásica– no se cumple el principio. Sin embargo, Cartwright tiene una afirmación controversial: “En las situaciones adecuadas, algunos sistemas tienen estados cuánticos, algunos estados clásicos y algunos ambos” [40], Cartwright expone:

“Afirmo que en muchos casos los factores representados en la mecánica cuántica y los factores representados en la mecánica clásica se combinan para producir un efecto no literalmente predecible a partir de cualquiera de las dos teorías. Sin embargo, a menudo somos capaces de producir un modelo representativo (naturalmente, no cae adecuadamente bajo ninguna de las teorías) que puede proporcionar buenas predicciones sobre los efectos específicos” [43].

Esto representa un problema para muchos científicos y filósofos ya que afirma que la mecánica clásica y la mecánica



cuántica son capaces de ser verdaderas en el mismo sistema y al mismo tiempo, lo cual es difícilmente observable en los experimentos. Siguiendo la filosofía de Cartwright, consideremos el siguiente ejemplo hipotético, establecemos las condiciones *ceteris paribus* en las cuales se analiza el comportamiento de un electrón, dichas condiciones serán que el electrón será observado en el dominio de la mecánica cuántica y luego en el dominio de la mecánica clásica; al realizar el experimento se observan diferentes comportamientos para cada dominio. Sin embargo, supongamos que existe un instante en el cual ambos comportamientos son observados, si eso fuera verdad implicaría un sinnúmero de preguntas como: ¿Por qué en ese instante ambos comportamientos son observados? ¿Cómo se explica qué eso suceda? ¿Qué implicaciones tiene para la física? Que ambos comportamientos sean observados implicaría que el fenómeno físico puede ser explicado por dos modelos diferentes, lo cual crearía otro problema: ¿cuál es el modelo adecuado? Y, por lo tanto, ¿cuál teoría es la correcta? Si se considera que el electrón tiene distintas capacidades se podría cuestionar; ¿qué pasa con las capacidades del electrón en ese momento? ¿es posible que en ese instante el electrón no sabe distinguir bajo que condición comportarse? ¿Por qué sucede esto? La riqueza científica y filosófica del planteamiento de Cartwright es innegable y es una puerta abierta a la exploración intelectual.

#### 4. Conclusiones

Las ideas de Cartwright han tenido un gran impacto en la filosofía de la ciencia, éstas han conseguido que conceptos olvidados como verdad, modelos y teoría sean nuevamente estudiados y analizados por filósofos y científicos alrededor del mundo. De igual manera ha introducido nuevos conceptos como máquinas nomológicas y capacidades. Como vimos a lo largo del artículo, la existencia de las máquinas nomológicas depende de las capacidades y viceversa, por tal motivo es necesario considerarlas como un conjunto para que puedan ser aplicadas al mundo físico.

Consideremos el concepto de capacidad, uno de los más importantes dentro de la filosofía de Cartwright, para ella es necesario comenzar a definir a los objetos a partir de sus capacidades, ya que de esta manera no se le da un significado único a los objetos, por ejemplo –como hemos visto a lo largo del texto– el electrón puede tener diversas capacidades como atracción o repulsión. Por un lado, podemos cuestionar ¿cómo es que el electrón, o cualquier otro objeto, puede saber qué capacidad utilizar dependiendo del experimento en el que está participando? La pregunta anterior representa uno de los más grandes problemas del uso del concepto de capacidades ya que implicaría que los objetos tienen algún tipo de decisión sobre las acciones que realizan y por consiguiente que las observaciones de los experimentos son producto del objeto y no de las manipulaciones de los científicos. Por otro lado, podemos considerar a las capacidades como una característica propia del objeto que son activadas dependiendo de las condiciones *ceteris paribus* en las cuales se está analizando

dicho objeto, por lo que se le quita el poder de elección y se convierte en una simple característica más.

La idea de Cartwright acerca de que el mundo está regido por un conjunto de leyes de retazos, en lugar de leyes fundamentales, es su idea más impactante y revolucionaria. La ciencia basa sus experimentos y la creación de nuevas teorías en leyes que muchos científicos consideran fundamentales, al hacer esto han logrado obtener resultados y observaciones que concuerdan con la realidad; sin embargo, para Cartwright la existencia de leyes fundamentales frena el progreso científico. Para entender porqué es así consideremos el siguiente ejemplo, para los científicos y de acuerdo al Modelo Estándar, en el universo existen cuatro fuerzas fundamentales las cuales son mediadas por diferentes partículas: los gluones son mediadores de la fuerza fuerte, los bosones W y Z son mediadores de la fuerza débil, y los fotones son mediadores de la fuerza electromagnética, pero ¿qué partícula se encarga de mediar a la fuerza gravitacional? Los científicos han logrado obtener por medio de análisis matemáticos la partícula mediadora de la gravedad a la cual han llamado gravitón, sin embargo, esta partícula no ha sido encontrada experimentalmente, por lo que muchos científicos han dedicado su vida académica a la formulación de nuevas teorías y/o experimentos para encontrarla. Justo esto es el problema para Cartwright, ya que al intentar probar que cada fuerza siempre debe estar asociada a una partícula los científicos perderían el tiempo y no generan conocimiento nuevo. Sin embargo, si los científicos no creyeran en la existencia de leyes fundamentales y dejaran de hacer experimentos, si no obtienen resultados al primer intento, los piones no habrían sido descubiertos, por mencionar un ejemplo, pero ¿qué implicaría que la idea de un mundo regido por leyes de retazos fuera verdad? Para empezar, significaría que todos los resultados y avances que se han obtenido hasta el día de hoy –como vacunas, láseres, satélites, celulares, etc.– y que concuerdan con la realidad son de algún modo producto de la suerte, ya que todos estos resultados están basados en teorías consideradas universalmente aplicables. Otra suposición, dejando de lado al azar, es que los resultados que se han obtenido concuerdan con la realidad debido a que no se utilizan leyes fundamentales para su elaboración, sino que se utilizan leyes *ceteris paribus*.

Como científicos y filósofos es importante que al analizar un tema o una nueva propuesta de filosofía de la ciencia, se consideren todas las posibilidades de manera objetiva. En una propuesta tan compleja como la filosofía de la ciencia de Nancy Cartwright, se pueden rescatar ideas muy interesantes y revolucionarias, pero también ideas que probablemente resulten poco significativas. Sin duda alguna la filosofía de Nancy Cartwright ha logrado que exista un nuevo interés por parte de las comunidades científicas y filosóficas en la forma de entender y analizar diversos conceptos; ha logrado poner en duda leyes que durante mucho tiempo habían sido tomadas como fundamentales, mostrando que es más importante considerar a las leyes verdaderas solo en un determinado dominio y bajo condiciones específicas.

## Agradecimientos

Los autores agradecen sinceramente la cuidadosa lectura de un árbitro anónimo, así como sus numerosas sugerencias, observaciones y correcciones.

En una comunicación privada con uno de los autores

(V. A.), la Dra. Nancy Cartwright convino que la mejor expresión en español para hacer referencia a las “Patchwork Laws” mencionadas en *The Dappled World* y en *The Patchwork World* es: “Leyes parchadas o en retazos”, que serán los términos indistintamente aquí empleados.

1. N. Cartwright, *How the Laws of Physics Lie*, (Oxford University Press, Oxford, 1983).
2. N. Cartwright, *The Dappled World* (Cambridge University Press, Cambridge, 1999). <https://doi.org/10.1017/CBO9781139167093>.
3. C. Hofer, For Fundamentalism, en Nancy Cartwright’s *Philosophy of Science*, editado por S. Hartmann, C. Hofer y L. Bovens (Routledge, Nueva York, 2008), pp. 307-323.
4. L. Sklar, Dappled theories in a uniform world, *Phil. Sci.*, **70** (2003) 424. <https://doi.org/10.1086/375476>.
5. E. D. Klemke, R. Hollinger, D. W. Rudge y A. D. Kline (eds.), *Introductory Readings in the Philosophy of Science* (Prometheus Books, Nueva York, 1998).
6. R. N. Giere, Models, Metaphysics, and Methodology en Nancy Cartwright’s *Philosophy of Science*, editado por S. Hartmann, C. Hofer y L. Bovens (Routledge, Nueva York, 2008), pp. 123–136.
7. C. Schmidt-Petri, Cartwright and Mill on Tendencies and Capacities, en Nancy Cartwright’s *Philosophy of Science*, editado por Stephan Hartmann, Carl Hofer and Luc Bovens, (Routledge, Nueva York, 2008), pp. 291–306.
8. R. N. Giere, *Understanding Scientific Reasoning*, (Thomson Learning, Massachusetts, 1984).
9. R. N. Giere, *Explaining Science*, (University of Chicago Press, Chicago, 1988).
10. S. Psillos, *Cartwright’s Realist Toil: From Entities to Capacities*, in; Nancy Cartwright’s *Philosophy of Science*, editado por S. Hartmann, C. Hofer and L. Bovens, (Routledge Nueva York, 2008) p. 167–197.
11. D. Bailer-Jones, Standing up Against Tradition: Models and Theories in Nancy Cartwright’s *Philosophy of Science*, en; Nancy Cartwright’s *Philosophy of Science*, editado por S. Hartmann, C. Hofer and L. Bovens, Routledge (2008) p. 17-40.
12. D. M. Bailer-Jones, Scientists thoughts on scientific models, *Perspect. Sci.* **10** (2003) 275. <https://doi.org/10.1162/106361402321899069>.
13. N. Cartwright, *The Dappled World* (Cambridge University Press, Cambridge, 1999), Cap. 8, p. 177.
14. *Ibid*, Cap. 9, p. 211.
15. J. A. Mosqueda y V. Aboites, La filosofía frente al objeto cuántico, *Rev. Mex. Fis.* **63** (2017) 107.
16. N. Cartwright, *The Dappled World*, (Cambridge University Press, Cambridge 1999) p. 2.
17. *Ibid*, p. 25.
18. *Ibid*, p. 27.
19. *Ibid*, p. 59-61.
20. *Ibid*, p. 52.
21. *Ibid*, p. 50.
22. *Ibid*, p. 24.
23. N. Cartwright, en *Nancy Cartwright’s Philosophy of Science*, editado por S. Hartmann, C. Hofer and L. Bovens. Ed. Routledge (Routledge, Nueva York, 2008), p. 307.
24. *Ibid*, p. 316.
25. N. Cartwright, *The Dappled World*. (Cambridge University Press, Cambridge, 1999), p. 23.
26. N. Cartwright, *Nature’s Capacities and their measurement*. (Oxford University Press, Oxford, 1989).
27. *Ibid* p. 145.
28. N. Cartwright, *The Dappled World*. (Cambridge University Press, Cambridge, 1999), p. 59.
29. *Ibid* p. 64.
30. N. Cartwright, *Nature’s Capacities and their measurement*. (Oxford University Press, Oxford, 1989), p. 170.
31. *Ibid* p. 69.
32. N. Cartwright, *Nancy Cartwright’s Philosophy of Science*, editado por S. Hartmann, C. Hofer and L. Bovens. (Routledge, Nueva York, 2008), p. 195.
33. N. Cartwright, *How the laws of physics lie*, (Oxford University Press, Oxford, 1983), p. 152.
34. N. Cartwright, *The Dappled World*. (Cambridge University Press, Cambridge, 1999), p. 47.
35. *Ibid*, p. 180.
36. *Ibid*, p. 183.
37. *Ibid*, p. 216.
38. *Ibid*, p. 38.
39. Encyclopaedia Britannica, Ebers Papyrus, <https://www.britannica.com/topic/Ebers-papyrus>
40. The Nobel Foundation, J. R. Vane, <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1982/vane/facts/>
41. N. Cartwright, en *Nancy Cartwright’s Philosophy of Science*, editado por S. Hartmann, C. Hofer and L. Bovens. (Routledge, Nueva York, 2008), p. 291.
42. R. Resnick, D. Halliday y K. S. Krane, *Fundamentos de Física* (CECSA, México, 1998).
43. N. Cartwright, en *Nancy Cartwright’s Philosophy of Science*, editado por S. Hartmann, C. Hofer and L. Bovens (Routledge, Nueva York, 2008), p. 39.