

El concepto de observación y su rol en la enseñanza de la astronomía: una aproximación epistemológica

The concept of observation and its role in astronomy teaching: an epistemological approach

Maximiliano Bozzoli¹

¹Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba, Ciudad Universitaria, CP 5000, Córdoba, Argentina.

*E-mail: maxibozzoli@ffyh.unc.edu.ar

Recibido el 15 de diciembre de 2019 | Aceptado el 15 de mayo de 2020

Resumen

A partir del debate realismo-antirrealismo en filosofía de la ciencia y considerando un estudio de caso en particular de la astronomía, este artículo se plantea cómo la epistemología y la historia de la ciencia permiten un abordaje accesible a tópicos de interés para el ámbito de la enseñanza de tal disciplina científica. Precisamente, las reflexiones en torno de las prácticas de observación y de experimentación facilitan, a través de la exploración histórica acerca de las lentes gravitacionales en el universo, la comprensión de fenómenos astrofísicos complejos al momento de ser enseñados. De esta manera, se considera que tanto la dinámica enseñanza-aprendizaje en diferentes niveles de educación, como la difusión de la astronomía en general, se enriquecen con el aporte que este tipo de propuesta interdisciplinaria ofrece.

Palabras clave: Epistemología e historia de la astronomía; Observación; Experimentación; Lentes gravitacionales; Enseñanza de la astronomía.

Abstract

Taking into account the realism-antirealism debate in philosophy of science and considering a particular astronomical case study, this paper will present how epistemology and history of science allow an accessible approach to topics of interest concerning the teaching of such scientific discipline. Precisely, through historical exploration of gravitational lenses in the universe, reflections on observational and experimental practices make it easier to understand complex astrophysical phenomena, when they are taught. This way, not only the teaching-learning process within different levels of education, but also diffusion of astronomy in general, are improved with the contribution that this type of interdisciplinary work may offer.

Keywords: Epistemology and history of astronomy; Observation; Experimentation; Gravitational Lens; Astronomy teaching.

I. INTRODUCCIÓN

Es sabido que la experimentación no es sólo un criterio que posibilita la elección entre teorías rivales, sino que también es una actividad que permite analizar las técnicas a partir de las cuales los datos se interpretan como hechos concretos del mundo físico. Tradicionalmente, el análisis filosófico sobre los experimentos consistía en tomarlos con base en la observación, la cual servía como fundamento para su estudio. Esta perspectiva ha ido cambiando a lo largo del surgimiento de diferentes doctrinas en la filosofía de la ciencia contemporánea. Algunas de ellas han enfatizado la

importancia del trasfondo teórico y de las creencias en la percepción humana y su importante rol en las prácticas experimentales.

A principios de la década de 1980, surgieron nuevas perspectivas filosóficas que permitieron analizar la noción de experimento con base en su autonomía o relativa independencia con respecto a las teorías. Así, en la evaluación de los resultados experimentales se destacaban aspectos importantes que no eran contemplados por las mismas y que formaban parte de las prácticas científicas. En esta dirección, Hacking (1983) pone énfasis en reconocer que dichos aspectos tales como el diseño, la construcción, la operación de los instrumentos, la medición y la manipulación de entidades del laboratorio forman parte de una cultura experimental diferente. Al intervenir sobre imágenes y objetos físicos determinados, este autor destaca la independencia de la actividad experimental con respecto a las teorías. Aun cuando estas últimas cambian, tales imágenes y entidades pueden permanecer sin alteraciones; incluso puede derivarse cierto conocimiento correspondiente a propiedades inherentes al diseño y a la operación del instrumental empleado en la observación y en la medición. El hecho de que estas entidades físicas puedan ser manipuladas implica que pueden ser empleadas como herramientas experimentales para investigar diversos aspectos del mundo físico. Desde esta perspectiva, el objetivo del científico no consiste sólo en contemplar e interpretar a la luz de las teorías tales entidades, sino también en utilizarlas como aparatos para intervenir y transformar la naturaleza. Así, el estatus epistémico de éstas dependerá de su capacidad en el entorno de las prácticas experimentales, las cuales muestran el interjuego entre las teorías, los fenómenos y los instrumentos de observación.

En *Representar e Intervenir*, Hacking (1983) argumenta en contra de aquellos enfoques representacionales teóricos que intentan justificar las creencias epistémicas de los científicos sobre la existencia “real” de las entidades inobservables. Desde su punto de vista, él sostiene que la ingeniería y la tecnología de los sistemas instrumentales son las que proveen el fundamento para sostener un realismo científico acerca de las entidades. No obstante, al final de su libro clásico, este autor se mantuvo escéptico con respecto a la existencia de los agujeros negros como objetos “reales” de la astrofísica de ese entonces. Hacking sostuvo esta actitud hasta 1989, cuando publicó *Extragalactic Reality: The Case of Gravitational Lensing*, artículo que por cierto generó controversias por parte de aquellos filósofos de la ciencia, como Shapere (1993) en *Astronomy and Antirealism*, que intentaron rebatir su posición de un antirrealismo moderado en la astronomía extragaláctica. En lo que sigue, se analizarán los argumentos y planteos de Hacking y sólo se mencionarán algunas de las réplicas más interesantes de Shapere a su enfoque escéptico. Luego, a los fines de este trabajo, se abordará la noción de experimentación propuesta en las obras de Hacking, antes mencionadas. De esta manera, siguiendo el artículo *Rethinking Experimentation* de Little (2000), se mostrarán cuáles son los alcances de la experimentación en las prácticas observacionales dentro del ámbito astronómico. Así, se intentará rescatar una noción de experimento, “débil” o no estricto, asociada a una actividad interventiva sobre los diferentes sistemas instrumentales de observación y de medición, como así también sobre la construcción de los diversos modelos de fenómenos astrofísicos.

A partir del debate filosófico mencionado antes y considerando un estudio de caso concreto de la astronomía, este artículo se plantea cómo la epistemología y la historia de la ciencia permiten un abordaje accesible a tópicos de interés para el ámbito de la enseñanza de tal disciplina científica. Precisamente, las reflexiones en torno de los conceptos de observación y de experimentación como de nociones afines (medición, evidencia, inferencia, etc.) facilitan, a través de la exploración histórica acerca de las lentes gravitacionales, la comprensión de fenómenos astrofísicos complejos a la hora de ser enseñados. Aquí, se considera que tanto la dinámica enseñanza-aprendizaje en los niveles de educación medio y superior, como la difusión de esta ciencia milenaria, se enriquecen con el aporte que este tipo de propuesta metodológica ofrece. Atendiendo al problema de las dos culturas (Sersic, 1991), el cual refleja la escasa comunicación de sectores de la comunidad científica actual con aquella perteneciente a las humanidades, se mostrará que la filosofía de las prácticas científicas logra disminuir la distancia entre ambas comunidades, favoreciendo el desarrollo y la interacción entre las mismas.

II. LA EXPERIMENTACIÓN Y LA ASTRONOMÍA

Hacking (1983) concluye con lo que él denomina un argumento experimental para sostener un tipo de realismo científico acerca de las entidades físicas inobservables. El mismo no es aplicable al ámbito astronómico. De este modo, Hacking (1989) extiende su posición de un antirrealismo en la astrofísica al considerar un estudio de caso basado en la teorización y en la posible identificación y detección de lentes gravitacionales en el universo. Según este autor, resulta evidente que su planteo realista es inaplicable a las entidades inobservables postuladas por las teorías de estos fenómenos particulares, las cuales afirman su existencia fuera y dentro de la Vía Láctea. Es importante destacar que en aquél entonces, dichas lentes no habían sido “directamente” observadas, pero sí habían sido predichas por diferentes teorías físicas que contemplaban estos fenómenos exóticos. En pocas palabras: una lente gravitacional se produce cuando la radiación electromagnética emitida por uno o varios objetos lejanos, como galaxias brillantes o cuásares,

recorre el espacio y en su camino, entre la fuente emisora y el receptor, se antepone otro objeto masivo (visible o invisible) que perturba la señal original curvando los rayos de luz provenientes de dicha fuente.

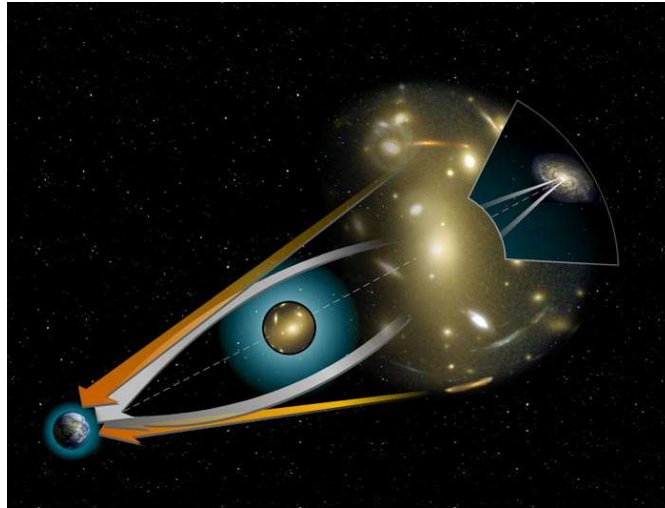


FIGURA 1. Trayectoria de la luz en un sistema de lente gravitacional. Las imágenes de objetos distantes adquieren forma de arcos, rodeando el objeto masivo intermedio.

Así, y sin entrar en detalles técnicos, las galaxias masivas, los agujeros negros o la materia oscura son ejemplos concretos de objetos que pueden provocar la deflexión de los rayos de luz. Si la lente coincide y se halla en la línea de la visual, entonces el observador notará una distorsión en forma de anillo o halo correspondiente a uno o más objetos de fondo; pero si ésta se encuentra desplazada de dicha línea, el observador se percatará de imágenes múltiples de la fuente emisora, apareciendo en dos o más direcciones rodeando al objeto perturbador.

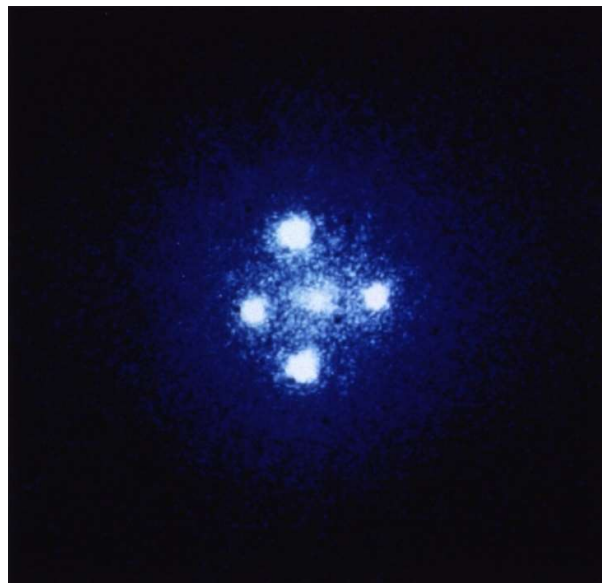


FIGURA 2. Formación conocida como la cruz de Einstein. Cuatro imágenes del mismo cuásar aparecen alrededor de una galaxia.

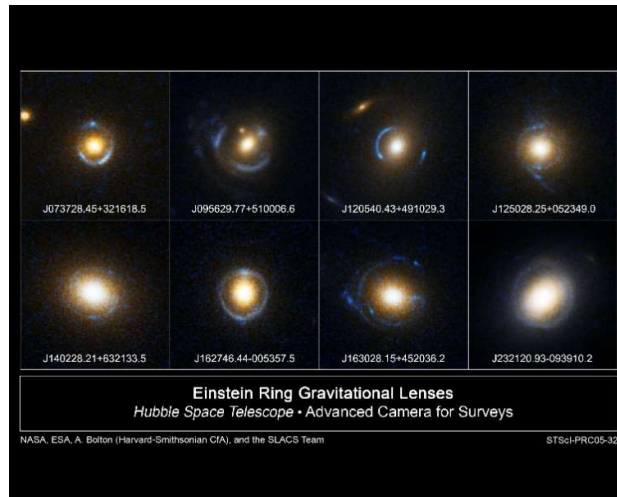


FIGURA 3. Deformación de la luz de una fuente lumínica en anillo. Anillos de Einstein observados por el Telescopio Espacial Hubble (HST).

En ambos casos, las lentes no sólo distorsionan las imágenes de los objetos en cuestión, sino que además permiten su magnificación, aun cuando la energía de la señal original disminuye. De esta manera, un sistema de lente gravitacional se halla conformado por un observador o receptor, una o varias fuentes emisoras, un objeto masivo que perturba e intermedia entre ambos y ciertas condiciones (iniciales y de contorno) que configuran la situación observacional.

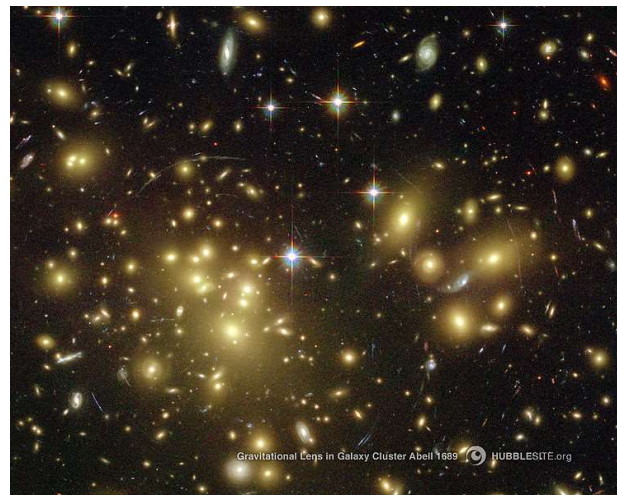


FIGURA 4. Efectos de lentes gravitacionales observados por el HST. La lente está formada por el cúmulo de galaxias Abell 1689. Se muestran imágenes de arcos vinculados a galaxias distantes.

Hacking sostiene que no hay manera de interferir en los diversos sistemas de lentes gravitacionales; incluso la mayoría de éstos se componen de materia oscura, la cual es por definición inobservable. No obstante, los diferentes tipos de lentes (lentes fuertes, débiles o sistemas de minilentes) son “en principio” detectables u observables. Sin embargo, él no se propone distinguir entre la observabilidad y la observación de estas entidades astronómicas, sino que, al distinguir entre el método científico y el método experimental, se cuestiona cuál es el alcance de la experimentación en la astronomía. Este autor sostiene que en la actualidad astronómica (sobre todo en aquellos ámbitos afines a la geología planetaria y a la astrobiología) se está en condiciones de experimentar en la Luna y en los planetas cercanos del sistema solar. Sin embargo, no es posible conducir experimentos en el Sol, en las estrellas más próximas y menos aún experimentar con alguno de dichos objetos. Esto lo lleva a afirmar lo siguiente: “*Galactic experimentation is science fiction, while extragalactic experimentation is a bad joke*” (Hacking, 1989, p. 559).

No obstante, las diversas investigaciones astronómicas y astrofísicas siempre han formado parte, sin lugar a dudas, de las ciencias naturales. De esta manera, resulta claro que el método científico no puede ser lo mismo que el método experimental; o por lo menos no es igual al método baconiano promulgado en el siglo XVII. Aunque el método experimental también se nutre de la observación, ambos métodos difieren en esta disciplina científica restringida aparentemente a la contemplación. Pero esta última no es estrictamente pasiva, o sea, sin intervención y manipulación alguna. A diferencia de la tradición empirista antes mencionada, la cual sostenía que conocer es transformar la naturaleza, la perspectiva que se intenta defender aquí consiste en rescatar una versión débil del experimentalismo de Hacking, sin adoptar completamente su postura filosófica realista de 1983 y su antirrealismo moderado de 1989. Ello significa, sin hacer distinciones por ahora, que los métodos y técnicas observacionales dependen fuertemente del diseño de los instrumentos, aparatos y auxiliares empleados en los diferentes ámbitos astronómicos. Esto posibilita la elaboración de una diversidad de prácticas observacionales interventivas sobre los diversos modelos de fenómenos, como así también sobre los sofisticados sistemas de observación. Sin manipular los objetos bajo investigación, se considera viable esta clase de experimentos no estrictos. Más adelante, se desarrollará con más detalle este punto.

Hacking sostiene que los agujeros negros, las cuerdas cósmicas, etc. son entidades que dependen de profundas teorizaciones. A diferencia, las lentes mencionadas son identificables y comúnmente observadas con los instrumentos vigentes. Así, ellas proveen una poderosa herramienta que les permite a los astrónomos investigar la distribución de masas de las galaxias, de grupos y cúmulos de éstas, y evaluar parámetros cosmológicos fundamentales como la tasa de expansión del universo (constante de Hubble), entre otros. De esta manera, las lentes gravitacionales posibilitan la indagación sobre el faltante de masa en el universo observable. Sin embargo, dichas lentes pueden poblar el mismo de artefactos naturales o espejismos, como los fenómenos observados en las figuras anteriores.

Según Hacking, el realismo científico acerca de entidades inobservables siempre ha girado en torno de clases naturales de objetos, tales como los tipos de partículas sub-atómicas y las familias de astro-partículas. No obstante, existen casos experimentales donde el énfasis se ha puesto en objetos individuales. Así, en febrero de 1987, diferentes detectores mostraron indicios específicos al capturar determinados neutrinos provenientes de la Nebulosa de la Tarántula en la Gran Nube de Magallanes, luego de la explosión de la supernova 1987A ubicada allí, a unos 168.000 años luz de distancia. En esta dirección, él sostiene que no todos los neutrinos son idénticos dado que, en este objeto astrofísico particular, los mismos poseen una historia propia y sólo interesan aquellos que pueden ser observados, luego de su captura y detección. Sin embargo, al estudiarlos se intenta clasificarlos según sus atributos o magnitudes físicas, lo cual puede acarrear a un ámbito teórico extremo. A diferencia, los sistemas de lentes gravitacionales, al exhibir múltiples imágenes de un objeto específico, conducen a un ámbito estrictamente observacional que depende, como se mencionó anteriormente, de la misma situación de observación. En otras palabras, esto significa el traspaso de clases inobservables de entidades (como ciertas propiedades de los neutrinos, por ejemplo) a la inferencia de entidades inobservables particulares con rasgos determinados (como las diversas lentes apreciadas). En la actualidad pueden identificarse diferentes tipos de lentes y, en este sentido, el artículo de este autor puede ser anacrónico¹. Hacking es realista con respecto a ciertas entidades inobservables como los electrones, por ejemplo. Sin embargo, al afirmar su existencia, este autor reconoce que las descripciones de estas entidades son aproximadas y no se escapan del plano fenomenológico. No obstante, él sostiene lo siguiente:

En el caso de las lentes, en su mayoría podemos ver múltiples imágenes y deducir que son imágenes del mismo objeto, y podemos buscar un objeto masivo a su derecha que haría el lenteado. Podemos ser capaces de observar un objeto A pero no podemos observar si este objeto es una lente gravitacional. Uno puede inferir esto solamente desde las observaciones, con el término observación al ser ya autoevidente no me estoy refiriendo solo a mirar el cielo de noche a ojo desnudo o mirar por un telescopio. De hecho no podemos intervenir con un sistema de lentes gravitacionales (excepto cuando elegimos mirar sus efectos)... Estos objetos pueden ser en principio detectables – muchos de ellos, después de todo, son estrellas. Pero no han sido detectados... En breve, no tenemos necesidad de un análisis filosófico minucioso sobre qué es observable y qué es una observación. Donde uno traza la línea, algún cuerpo de lentes puede sobrepasarla. (Hacking, 1989, p. 559, traducción propia)

De todas maneras, lo que se quiere remarcar aquí es la necesidad, por parte de los astrónomos, de desarrollar prácticas que permitan utilizar los sistemas de lentes como herramientas para poder observar los objetos que conforman dicho sistema. De hecho, según el análisis histórico de Hacking, el primer astrónomo en elaborar y emplear tales técnicas fue Zwicky en 1937, a quien además se le acredita el uso del concepto de lente gravitacional. Este astrónomo

¹ De igual manera, cabe destacar que para el año en que salió publicado el artículo de Hacking (1989), los agujeros negros sólo eran detectados indirectamente, es decir, sólo sus efectos eran observados directamente. Este fue uno de los motivos por el cual este autor examinó las lentes gravitacionales como estudio de caso para sostener su antirrealismo en la astrofísica. Sin embargo, con el lanzamiento del HST en 1991, se abrió una nueva era de telescopios espaciales que cambiaron notablemente la "imagen" que se tenía del universo. Así, estos instrumentos arrojaron una gran cantidad de evidencias observacionales sobre la existencia de tales objetos, los cuales ya no parecían ser sólo elucubraciones teóricas. De esta manera, se pasó en el ambiente científico de la evidencia a la "certeza" observacional de los agujeros negros.

mostró que dichas lentes eran difíciles de identificar en la Vía Láctea, pero sí abundaban en el reino de las nebulosas extragalácticas al determinar las masas de estos objetos “lenteados” o perturbados (Zwicky, 1937a, 1937b). Sin embargo, estos sistemas no fueron ampliamente observados sino hasta después de 1945. Posteriormente, en la década de 1960, las investigaciones realizadas por diferentes astrónomos pusieron énfasis en el desarrollo de nuevas técnicas “experimentales” para la identificación de tales sistemas. Así, al calcular su probabilidad de ocurrencia, los efectos de lentes gravitacionales comenzaron a cobrar interés y las prácticas asociadas a tales fenómenos, contrariamente a la idea de que éstos eran espejismos (tesis de Barnothy), empezaron a tener “vida propia”. En esta dirección, a principios de la década de 1980, los astrónomos habían identificado y clasificado por lo menos seis tipos de lentes. Sin embargo, Hacking afirma:

Estas palabras parecen contradecirme cuando digo que no se pueden observar las lentes... Sin embargo lo que hemos observado es un gran número de galaxias, la mayoría de las cuales son, bajo un mismo modelo, consistentes con las observaciones y con la hipótesis de lentes gravitacionales o de algún otro efecto. (Hacking, 1989, p. 566, traducción propia)

Salvo en aquellas instancias donde un sistema de lentes está conformado por una galaxia cercana que se encuentra directamente delante de un cuásar lejano, este autor se cuestiona por qué el resto de los casos observados son pensados como lentes gravitacionales. Aunque estos últimos se manifiestan como fenómenos que exhiben imágenes múltiples de dos o más objetos aparentes, se conjetura que las mismas se corresponden a un solo objeto. En esta dirección, Hacking afirma que este razonamiento es fácil de comprender dado que los argumentos astrométricos y astrofísicos son sólidos. Los mismos consisten en identificar dichas imágenes y medir tanto su separación angular como los corrimientos (hacia el rojo y el azul) de las líneas espectrales (de absorción y de emisión). Al reconocer la sorprendente proximidad entre las imágenes obtenidas, y la similitud de los elementos químicos presentes en su análisis espectral, los astrónomos coinciden en aseverar que se trata de un mismo objeto. Sin embargo, en el proceso observacional se examina la posibilidad de una primera hipótesis explicativa que involucra dos objetos diferentes, correspondientes a cada imagen. Así, existe un gran número de coincidencias que implicarían que tales objetos poseen las mismas condiciones iniciales, una misma evolución astrofísica y una gran cercanía entre ellos. Al considerarse la hipótesis de las lentes gravitacionales, se descarta cualquier posibilidad de que sean objetos distintos, no asociados físicamente. De esta manera, los efectos observados tales como los tamaños, las formas y su amplificación se ajustan con el modelo de lente considerado. Ello permite a su vez la investigación, a través de sus propiedades y atributos observables, tanto de los objetos perturbados o lenteados como del resto que conforma el sistema. Dado el importante valor epistémico de esta última hipótesis, se deja de lado aquella que recurre a la idea de espejismos, la cual sólo da lugar al estudio del proceso por el cual se genera el fenómeno en sí.

No obstante, este autor sostiene que estas hipótesis han surgido según esquemas abductivos, de inferencias a la mejor explicación (disponible), donde: en el caso de tratarse de objetos diferentes, deberían darse un gran número de coincidencias remotas e improbables; en el caso de considerarse la imagen múltiple de un mismo objeto, la conjetura es más probable. Dichas hipótesis, alternativas o rivales, antes de ser generadas como tales, suelen iniciarse como conjeturas o presunciones, alcanzando su estatus luego de que son chequeadas empíricamente a partir de una gran cantidad de observaciones que la evidencian. En esta dirección, luego de sesenta años de su predicción y caracterización, los sistemas de lentes gravitacionales pudieron ser confirmados entre 1979 y 1983 en aquellas investigaciones que empleaban modelos estándar de galaxias como diferentes modelos de cúmulos de galaxias. Esta combinación pudo arrojar una explicación fehaciente a la formación de las imágenes múltiples de un objeto particular y dar cierta plausibilidad a las observaciones logradas en diferentes rangos del espectro electromagnético. Así, al permitir su intensa búsqueda y propiciar luego las observaciones necesarias para su confirmación, se pasó de la conjetura a la hipótesis de dichas lentes. No obstante, Hacking presenta un enfrentamiento entre el modelado teórico de estos sistemas y las observaciones obtenidas en lo que concierne al número de imágenes sugerido por una u otra vía. Por un lado, el modelo predice un número impar de imágenes múltiples del objeto lenteado, dado que considera cierta “esfericidad y transparencia” de la lente que permite el paso de la mayoría de los rayos de luz provenientes de la fuente. Son excluidos aquellos cuerpos sólidos (como estrellas y agujeros negros) que interactúan electromagnéticamente. Por otro lado, la mayoría de los sistemas de lentes observados muestran números pares de imágenes. Este conflicto puede ser resuelto a través de métodos abductivos, los cuales sugieren hipótesis alternativas que explican la ausencia de imágenes impares. Estas últimas pueden ser demasiado difusas para ser detectadas con los instrumentos disponibles, o la imagen faltante se halla demasiado separada de las otras observadas, o bien, las galaxias que intermedian no son completamente transparentes, absorbiendo los rayos de luz que atraviesan el centro de las mismas, etc. De otra manera, el conflicto también puede resolverse cuando los modelos teóricos postulan entidades, como la materia oscura, que intermedian y sólo interactúan gravitacionalmente con el resto del sistema. Siguiendo a Hacking, tales entidades pueden ser consideradas inobservables en principio, dado que la teoría impone ciertas restricciones, limitando que el objeto (la lente del sistema) pueda ser observado. Así, en sus propias palabras, él sostiene:

Por consiguiente uno tiende a pensar que la materia oscura puede ser la causa primaria del lenteado... Si fuera así, entonces la mayoría de nuestras lentes presentadas actualmente serían inferidas, ino observadas! (Hacking, 1989, p. 571, traducción propia)

Hacking también sostiene que las microlentes gravitacionales, sea cual sea su naturaleza (estrellas enanas o planetas gigantes) no son observadas sino objetos inferidos²:

El abismo de incertidumbre parece expandirse ante nosotros. En general, no hay manera de ver las estrellas conjeturadas que están produciendo el lenteado. La magnitud puede ser aún menor que un QSO, BL Lac o cualquier otro, y sus características van más allá del rango de detección, incluso con el telescopio especial. (Hacking, 1989, p. 572, traducción propia)

Una de las objeciones que se le hace aquí a la argumentación de este autor es el sesgo vinculado al debate realismo-antirrealismo y, por ende, a entidades observables versus entidades inobservables, en su caracterización del concepto de observación. Ello obliga a pensar a este último en términos bivalentes (o en blanco y negro), dejando de lado los matices (o grises) necesarios para abordar un análisis basado en la diversidad de prácticas observacionales. En otras palabras, al restringir el ámbito de fenómenos astrofísicos sólo a objetos, Hacking no considera sus atributos y efectos observados como propiedades observables de los mismos. Así, según él, la lente gravitacional (sea o no observable) es un objeto inferido, no observado³. Desde esta perspectiva, un halo de materia oscura, una enana marrón o un exoplaneta se infiere a partir de los efectos que produce, tales como las imágenes múltiples (cruces y anillos), la distorsión, o bien, la magnificación de los objetos de fondo. A los fines de evadir y de no caer en dicha discusión, se abogará a favor de la distinción entre propiedades observables y propiedades inobservables, y no así sólo de objetos. En esta dirección, se considerará que los objetos, propiedades, procesos, relaciones entre propiedades, cualidades, atributos, etc. caen dentro de la categoría de fenómenos propuesta. En consecuencia, la elasticidad de esta última, pese a que nutre de cierta vaguedad a la noción de fenómeno, no permite el cruce entre planos conceptuales diferentes, precisamente la amalgama entre lo ontológico y lo epistemológico. Esta flexibilidad proporciona cierta movilidad en este último nivel, el cual es pertinente aquí y hace posible afirmar que la observabilidad de un objeto se sustenta a partir de sus propiedades y efectos observables, lo que instanciado en la práctica sería que un objeto es observado a través de sus cualidades o atributos. De otra manera, ¿cómo un objeto sería observable sino es a través de sus propiedades? Esta perspectiva pragmática va más allá de la posición antirrealista que intenta defender Hacking para el ámbito de la astrofísica. Así, se pondrá énfasis en el carácter experimental (no estricto) en el que están implicadas dichas lentes gravitacionales; más precisamente, su importancia como “instrumentos” de rectificación, magnificación y resolución en el estudio de los objetos astronómicos del fondo del sistema. De esta forma, podría decirse que en esta disciplina de las ciencias naturales es fuerte una experimentación débil. Ello, acorde con Hacking (1983), no sólo tiende a una actividad puramente contemplativa y representacional, sino a una serie de prácticas observacionales que involucran cierta sofisticación experimental. En este sentido, la experimentación está al servicio de la observación y no al revés.

Por otra parte, un posible marco o contexto consiste en pensar este estudio de caso desde el punto de vista de las relaciones entre las teorías, los modelos y los objetos involucrados. En esta dirección, Hacking traslada el debate filosófico con respecto a las entidades y reafirma su posición antirrealista en la astrofísica; aludiendo así a los distintos niveles en el ámbito de las prácticas inherentes al modelado de fenómenos. Él comienza manifestando que la teoría de la relatividad general posee una diversidad de modelos como consecuencia de posibles soluciones a sus ecuaciones. Estas últimas resultan en diferentes modelos cosmológicos que consideran, de forma dispar, las ecuaciones del campo gravitatorio, tales como el modelo de Friedmann–Lemaître, o bien, el modelo de Robertson–Walker. A diferencia de esta capa genérica de modelado, se dan otras que aumentan su nivel de especificidad, las cuales involucran tanto clases naturales como subtipos y objetos singulares. De esta manera, se comienza con un modelo de universo, pasando por una amalgama de modelos de clases de objetos, y se termina con otro de una entidad astronómica particular. En el modelado de esta última, una lente gravitacional determinada, puede considerarse como una serie de supuestos o hipótesis *ad hoc* (su distribución a gran escala, por ejemplo) del modelo sobre el cual se apoya. Esto permite justificar las magnitudes físicas de los rayos de luz (curvatura, deflexión, etc.) o el grado de alineación y las

² Es importante notar que este tipo de lentes son actualmente consideradas “telescopios cósmicos” por su poder de magnificación para el descubrimiento de planetas extrasolares, principalmente.

³ Resulta crucial aquí diferenciar observabilidad de observación. En general, la primera noción alude a las condiciones epistémicas necesarias para caracterizar una entidad como observable o no observable; mientras que la segunda, sólo hace referencia a la acción, técnica o práctica asociada para llevar a cabo la misma observación. En este sentido, un fenómeno observable puede ser aún inobservado. La postura de Hacking sobre esta distinción no es clara debido a que la misma se basa sólo en objetos y no en sus propiedades.

distancias entre los objetos del sistema. Incluso, los modelos elaborados pueden ser inconsistentes entre sí y, sin embargo, pueden explicar los mismos efectos observados. De esta manera, y con bastante erudición, Hacking muestra en su artículo que hay modelos de lentes gravitacionales más explicativos, pero menos predictivos que otros, y viceversa. Él afirma lo siguiente:

Cuando digo falso aquí, no pretendo impugnar a los físicos. Hablo desde el punto de vista del debate realismo/antirrealismo científico entre los filósofos. En astrofísica, tenemos solamente modelos, y un gran número de ellos se encuentran en niveles posibles de investigación. No hay proposiciones detalladas al nivel científico que he estado describiendo, que sean más que los modelos. Estos modelos no son literalmente verdaderos. Tampoco convergen a la verdad, ya que siempre vamos a tener solo modelos. Esta es la razón por la cual soy antirrealista con respecto a la astrofísica. Me atengo a la conclusión de Representar e Intervenir, citada antes en la sección 4. (Hacking, 1989, p. 576, traducción propia)

La alusión de Hacking en esta cita, a su obra de 1983, tiene como propósito sostener cierto escepticismo con respecto a algunas entidades teóricas, tales como lo eran en ese entonces los agujeros negros. Así, este autor supone que debería haber otra manera de obtener una representación del universo que sea igualmente consistente con los fenómenos observados, dejando de lado los objetos exóticos e inobservables de la astrofísica. Más precisamente, aquellas entidades que no son más que elucubraciones de las teorías que han existido, por largo tiempo, en la mente de los científicos. Según él, escapar a cualquier intento de manipulación, o intervención experimental, sobre dichas entidades conduce inevitablemente al fracaso. De esta manera, al reafirmar su posición antirrealista, ratifica su sesgo dualista, dejando de lado cualquier caracterización de una noción de observabilidad basada en propiedades y no en objetos. A diferencia de este autor, en este apartado se defiende la idea de que en los niveles intermedios del modelado existe una fuerte dependencia estadística, la cual permite establecer inferencias de este tipo sobre las clases de fenómenos bajo investigación. A partir de estas inferencias estadísticas se obtienen propiedades novedosas inherentes a la muestra, que permiten a su vez la observación de objetos particulares a través de estos atributos observables y cualidades comunes. Una vez más, las lentes gravitacionales de un sistema pueden ser observadas y no son sólo inferidas.

Como se mencionó anteriormente, la observabilidad de los fenómenos astrofísicos se basará en sus propiedades, mientras que su observación dependerá de ellas. Cómo se relacionan estas últimas con los objetos y procesos físicos involucrados es pertinente al ámbito teórico, no al campo de la observación propiamente dicha. No obstante, es importante destacar que dichas propiedades se hallan condicionadas por tres aspectos extras de la observabilidad. Así, las técnicas presentes en la observación de tales sistemas de lentes gravitacionales están sujetas a la escala de observación (magnitudes físicas espaciales y temporales), a la perspectiva observacional (condiciones iniciales y de contorno del hecho o de la situación de observación) y al punto de vista del observador (conocimiento disponible e interpretación del sujeto epistémico).

Hacking sostiene que, desde la antigüedad, la astronomía ha sido una disciplina que ha incurrido en diferentes tradiciones que intentaron “salvar” los fenómenos. Algunas de las doctrinas filosóficas más recientes, a los fines de derivar los fenómenos observables, sugieren la adecuación empírica de las teorías involucradas. De esta manera, este autor critica la posición de van Fraassen (1980) quien asevera que todas las ciencias naturales pretenden salvar las apariencias. Es impensable para Hacking que todas ellas se enmarquen conforme a esta metáfora, dado que la mayoría busca la manipulación e intervención en el mundo natural para conocerlo. En este sentido, la tradición de salvar los fenómenos tiene un rol central en la astronomía contemporánea. Pese a que la tecnología aplicada en esta disciplina ha cambiado radicalmente desde las eras pre y post-telescópicas hasta la actualidad, los métodos observacionales siguen siendo los mismos desde épocas ancestrales. Según él, a diferencia de los métodos de las ciencias naturales, los cuales cambiaron rotundamente en el siglo XVII, los métodos astronómicos (no experimentales) no cambiaron en absoluto.

Los métodos de las ciencias naturales han sufrido una marcada transformación, principalmente en el siglo diecisiete. O quizás deberíamos decir: las ciencias naturales se han ido desarrollando a lo largo del tiempo, mientras que la astronomía no es una ciencia natural en absoluto. (La organización de muchas facultades y departamentos de las universidades lo reflejan.) La transición de las ciencias naturales ha sido precisamente la transición hacia el método experimental, hacia una intervención en la naturaleza, hacia la creación de nuevos fenómenos... (Hacking, 1989, p. 577, traducción propia)

Hacking argumenta que los métodos observacionales en astronomía no cambiaron, en el sentido de que la observación y el modelado de fenómenos han perdurado en el tiempo. Sin embargo, es notable apreciar cómo los adelantos tecnológicos desarrollaron tal disciplina a lo largo de la historia, sofisticando el mismo concepto de observación. Este autor sostiene que, a la par de la exploración espacial interplanetaria, la producción y el análisis de datos observacionales han evolucionado radicalmente en las últimas décadas. No obstante, él sostiene que tal evolución, pese a que

la misma ha implicado desafíos tecno-científicos relevantes, no ha afectado la manera en la cual se produce el conocimiento astronómico contemporáneo.

Incluso, el lector de este ensayo puede darse cuenta, de manera modesta, de los vertiginosos cambios que están ocurriendo en astrofísica. Sin embargo, insisto al decir que el método de la ciencia es el mismo que el de la astronomía en tiempos helenísticos. Modelar, observar y remodelar de cierta forma para salvar los fenómenos... Para la ciencia natural (experimental) no es cuestión de salvar los fenómenos sino de crearlos... Pero en astrofísica no podemos crear los fenómenos, solo podemos salvarlos... Creemos en la realidad de muchas entidades postuladas por la teoría debido a que construimos dispositivos que usan esas entidades para intervenir en otros aspectos de la naturaleza... Cuando empleamos entidades como herramientas, como instrumentos de investigación, podemos referirnos a ellas como reales. No obstante, no podemos hacer lo mismo con objetos astrofísicos. (Hacking, 1989, pp. 577-578, traducción propia)

Trasladar la problemática filosófica sobre la existencia o no de entidades astrofísicas a objetos observables versus objetos inobservables no tiene demasiado sentido. Esta discusión se diluye parcialmente si se considera que las propiedades se definen a través de una referencia que no es exclusiva de un objeto. Hay atributos que se refieren a procesos físicos o estadísticos que involucran tanto objetos como propiedades de los mismos. En esta dirección, se sostiene que el debate realismo/antirrealismo queda atenuado en lo que respecta al desarrollo del conocimiento y de las prácticas observacionales en la astronomía de la actualidad.

III. CRÍTICAS AL REALISMO EN LA ASTROFÍSICA

En esta sección, se desarrollarán algunas de las réplicas de Shapere (1993) sobre los argumentos de Hacking presentados anteriormente. La crítica principal se centra en el antirrealismo de este último, el cual se enmarca con base en argumentos filosóficos, descuidando aspectos científicos relevantes. Si bien la investigación ha sido minuciosa, su erudición histórica deja de lado perspectivas e información relevante para el estudio de caso considerado. Según Shapere, algunas de las investigaciones tomadas por Hacking son altamente especulativas y no favorecen su posición. La mayoría de los reportes científicos empleados no proveen las bases para sostener su postura filosófica, sino todo lo contrario. Debido a estas imprecisiones, Shapere afirma que una interpretación realista de esta disciplina es más aceptable. Por esta razón, él asevera que tal postura antirrealista descansa sobre bases no científicas, las cuales poseen aspectos ambiguos y cuestionables que involucran una interpretación fragmentada de los fenómenos astronómicos en cuestión. En este sentido, Hacking ofrece un planteo extremo dual: la astronomía es una ciencia y el método científico no puede ser el método experimental, o bien, esta disciplina no es una ciencia y el método científico es el método experimental. Este último autor tiene en cuenta la segunda opción, la cual posiciona a la astronomía fuera del ámbito de las ciencias debido a que en la misma no es posible la intervención con sus objetos de estudio y por ello no es una ciencia natural. Por el contrario, Shapere se propone refutar esta postura aludiendo a que, efectivamente, esta disciplina sí lo es y que el experimentalismo propuesto por Hacking es inadecuado tanto para la astrofísica como para el resto de la empresa científica.

Puntualmente, en lo que respecta a las micro-lentes gravitacionales, Shapere asevera que la preocupación inicial de Hacking radica en el hecho de que estas últimas no han sido identificadas aún, sean estrellas o galaxias compactas. Esto conlleva a cuestionar si las imágenes observadas (magnificaciones o distorsiones) son efecto de la lente, o bien, si se trata de atributos del objeto de fondo del sistema. En contraste, algunas lentes (fuertes o débiles) pueden ser objetos identificables, tales como galaxias, grupos o cúmulos de ellas, o halos de materia oscura que causan el efecto de lenteado. A diferencia de lo que Hacking sostiene, no hay inconveniente alguno en la identificación de esta clase de lentes. En este sentido, pese a las dificultades de la situación observacional, la detección de estos objetos es relativamente confiable. Por ende, no hay razones para descartar cualquier tipo de conocimiento realista al respecto. Aunque existan desacuerdos e inconsistencias entre las predicciones teóricas y las observaciones, es decir, entre el número impar de imágenes producidas y lo que de hecho se observa, Shapere asegura que se ha progresado en cuanto al entendimiento de estos casos. En particular, se conoce a ciencia cierta que algunas imágenes no son observadas por ser borrosas o por superponerse con otras. Este estado del conocimiento permite explicar aquellos casos donde la ubicación de la lente del sistema resulta complicada. De esta manera, puede afirmarse que esta última puede hallarse en la línea de la visual sin caer en un escepticismo con respecto a su existencia. Como se mencionó anteriormente, en el caso de los cuásares distantes, hay evidencia espectroscópica de la presencia de materia absorbente entre el observador y los objetos lenteados, incluso cuando la ubicación de la lente sea imprecisa. Aun cuando los primeros intentos a la hora de realizar una interpretación fidedigna de las líneas espectrales fueron fallidos, la información extraída posibilitó el avance en la identificación futura de las lentes:

Finalmente, se puede obtener información de objetos distantes que han sido lenteados... Así como la atmósfera nos bloquea las ondas ultravioletas en nuestra visión terrestre, el lenteado gravitacional afecta algunas características de los objetos lenteados, pero no todas, por lo que las lentes pueden ser identificadas a través de aquellas propiedades que son afectadas en contraste con aquellas que no lo son. Por otro lado, las características que no son afectadas nos permiten acceder a otro tipo de información sobre los objetos lenteados. Uno de los muchos ejemplos de tal independencia de diferentes características observables, detectando un caso posible de lenteado y permitiendo obtener conocimiento del objeto lenteado... Así se puede determinar al menos en principio la presencia del lenteado en sí y de características de los objetos lenteados. (Shapere, 1993, pp. 136-137, traducción propia)

Según Shapere, para favorecer una postura antirrealista, la incertidumbre planteada por Hacking requiere de una conspiración cósmica extrema. Esta última haría imposible obtener cualquier información que no esté tergiversada correspondiente al vasto número de propiedades observacionales asociadas a los objetos que conforman los sistemas de lentes gravitacionales. Sin embargo, es claro que esto no sucede al considerarse las lentes fuertes o débiles. Con respecto a los sistemas de minilentes, las lentes en sí suelen ser más difíciles de identificar. Ello se debe principalmente a que los objetos intermediarios que componen dichos sistemas se hallan a grandes distancias y suelen ser opacos (que no emiten luz propia, sólo la reflejan), o bien, si emiten luz, son difusos. Así, estrellas de baja masa, enanas marrones (subestelares), planetas u objetos astrofísicos compactos pueden ser lentes que no producen imágenes múltiples, pero sí "lentean" los objetos de fondo del sistema al aumentar considerablemente su brillo, entre otras características. No cabe duda que estos efectos son producidos por las micro lentes, incluso cuando no se tenga la certeza de que dicha magnificación sea causada por ellas mismas o por algún atributo del objeto "lenteado" o del sistema. Dado que tales lentes se encuentran distribuidas por doquier, su supuesta indetección podría producir una imagen distorsionada del universo a gran escala y, por ende, conducir erróneamente a la construcción de teorías que proveen información falsa. Sin embargo, esto no es así. Según Shapere, los argumentos de Hacking son indefendibles al concluir, apresuradamente, sobre la inobservabilidad de estos objetos. Es una característica de esta clase de lentes producir imágenes simples, aunque con alteraciones morfológicas y variaciones en algunas propiedades (intrínsecas o extrínsecas) del objeto de fondo. Así, por ejemplo, el movimiento transversal (propio) de una estrella que "lentea", con respecto a la línea de la visual del observador, puede generar una sucesión de efectos de centelleo a lo largo de su recorrido. Esto responde a la pregunta de Hacking sobre dónde está la lente. Shapere afirma su existencia a través de estos efectos observados:

Más allá, como he señalado aún donde no se ha encontrado un objeto que lentea no da lugar a la duda de que está ocurriendo un lenteado, a menos que haya alguna otra buena razón para no suponer su presencia. (Shapere, 1993, p. 139, traducción propia)

Según este autor, de acuerdo a su réplica, la propuesta de Barnothy (sostenida por Hacking) no deja de ser una peculiaridad histórica. Hay suficientes razones para abandonar esta idea; la misma afirmaba que, en el contexto de descubrimiento de los cuásares, tales objetos no eran otra cosa más que espejismos, o sea, imágenes ficticias producidas por ciertas galaxias espirales (tipo *Seyfert*). No obstante, luego, el gran número de cuásares observados brindó un soporte evidencial robusto, desplazando cualquier tipo de ilusión o ficción posible. En esta dirección, el conocimiento teórico disponible puede ser considerado o bien rechazado, conforme a la base de la evidencia observacional con la que se cuenta. Shapere afirma que la ausencia de una referencia concreta del objeto astrofísico en cuestión no valida, de ninguna manera, el hecho de suprimir cualquier alternativa razonable, por más difícil que sea su aceptación. Por otra parte, dada la ubicuidad y distribución en el universo local, las micro-lentes gravitacionales no afectan por completo a galaxias y demás objetos extensos distantes. Si bien los efectos observacionales, producidos por tales lentes, son indistinguibles en estos casos, ello no deja de lado la posibilidad de descubrir nuevas propiedades de las galaxias, como así también atributos desconocidos de la estructura del universo a escalas mayores. En este sentido, él sostiene que Hacking tiende a subestimar el conocimiento alcanzado por los astrónomos de finales de la década de 1980, al argumentar que los cuásares no son en absoluto clases naturales de objetos. Sin embargo, la comunidad astronómica de esa época se hallaba ante una extensa serie de evidencias que sugería, a través de diferentes propiedades observadas, que los cuásares son efectivamente cierto tipo de galaxias con núcleos activos (AGN). Además, Shapere asegura que Hacking exagera las dificultades que se tenían en ese entonces a la hora de interpretar de forma correcta la evidencia espectral disponible (líneas de absorción) de estos cuerpos celestes. A diferencia, la confiabilidad del soporte evidencial, es decir, la adquisición de datos fidedignos y su adecuada reducción y análisis, sugiere los procesos físicos involucrados entre el cuásar y el observador. Sea cual sea la naturaleza de la fuente astrofísica que genera dichas líneas, polvo, gas o materia oscura, la información siempre es valiosa para los astrónomos. Aunque Hacking se refiera a estos últimos como incapaces de procesar apropiadamente los datos, para Shapere resulta claro que ninguno de ellos consideraría esta línea de investigación como infructífera. Así, la presencia de una sola dificultad no conlleva necesariamente a adquirir una posición antirrealista. Según él:

www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF

Hacking ha ignorado el hecho de que la investigación sobre el lenteado gravitacional es un campo nuevo lleno de dificultades y dudas que afectan los campos que se encuentran en las fronteras de la ciencia sofisticada – no solo a la astronomía, sino que a todas las ciencias. Otras áreas de la astronomía (y de la ciencia en general) se enfrentaron a dificultades similares en sus comienzos: las técnicas teóricas y observacionales deben ser refinadas y a veces alteradas severamente. (Shapere, 1993, p. 142, traducción propia)

Más allá de lo anacrónico que pueda parecer esta cita, la misma es aplicable en algunos ámbitos actuales de la astronomía que involucran casos como la naturaleza de la materia oscura y de la energía oscura, o bien, como el reciente descubrimiento de las ondas gravitacionales, por ejemplo. Aunque el modelado de fenómenos exóticos es común en las prácticas observacionales contemporáneas, no acarrea un antirrealismo en la astrofísica. Sin embargo, Hacking asevera que el uso de modelos en esta disciplina sí compromete a adoptar esta postura. La crítica de Shapere al respecto se basa en que sus afirmaciones, sobre el empleo de modelos, no dependen de los argumentos científicos sobre las lentes gravitacionales, sino más bien de consideraciones filosóficas. Incluso, este sesgo va más allá de un antirrealismo moderado, es decir, la manipulación de modelos inconsistentes y contradictorios es un factor común en la empresa científica. Hacking no provee un razonamiento convincente de su postura, dado que la noción de modelo que él propone es cuestionable y, a su vez, no está claro que la astronomía sea más propensa al uso de modelos que otras disciplinas. Shapere afirma:

Pero más allá de eso, se mantiene el caso de que, en cualquier sentido razonable de la palabra, e independientemente del alcance de su uso, la ocurrencia de modelos en el campo de las lentes gravitacionales, o en astrofísica generalmente, no se descarta la posibilidad de una explicación realista de los fenómenos observados... El modelado de los sistemas de lentes no es tan erróneo como Hacking lo cree. (Shapere, 1993, pp. 143-144, traducción propia)

Los primeros modelos de lentes gravitacionales contenían observaciones imprecisas, eran poco sofisticados y omittían aspectos matemáticos y físicos importantes, necesarios para el modelado de estos fenómenos. No obstante, este conocimiento se incrementó notablemente y permitió interpretar correctamente las imágenes y sus efectos observados, tales como la magnificación del brillo, la ubicación y la distribución de la masa de los objetos perturbados. Así, los modelos más simples fueron paulatinamente reemplazados por otros más complejos que poseen una mejor adecuación empírica. Pese al escepticismo de Hacking, mencionado en su obra de 1983, la mayoría de los astrónomos emplean modelos, mutuamente excluyentes, con el fin de no sólo de optimizar el cálculo, sino también de acrecentar tal adecuación. En consecuencia, el objetivo es explícito: lograr la mejor explicación disponible de lo que ciertamente acontece con respecto al fenómeno de las lentes y del resto de los objetos involucrados en el sistema. Desde esta perspectiva, el análisis planteado por este último autor presenta defectos propios de su sesgo filosófico, dado que su antirrealismo, referente a dichos sistemas, no se fundamenta en planteamientos astronómicos. Shapere sostiene que, en última instancia, esta postura debería ser más bien agnóstica, o sea, que podría haber razones para creer que tales objetos existen, aun cuando no se hayan observado la mayoría de sus propiedades observables. En esta dirección, y sin caer en un realismo ingenuo, la totalidad de los modelos presuponen la existencia de dichos fenómenos, es decir, tanto lentes como objetos modificados. Él indica lo siguiente:

Es posible que haya cosas que no conozcamos, o que quizás nunca lleguemos a conocer, sobre las lentes gravitacionales o sobre los objetos lenteados. Pero hasta tanto tengamos bases específicas para creer que existen, aquéllas limitaciones que se nos presentan por el hecho que aprendemos mediante el estudio de la naturaleza, por sí mismas, no implican que los objetos en cuestión no existan. Todo lo contrario, nosotros podemos –y de hecho lo hacemos– tener razones para creer que existen... Los modelos usados en astrofísica no afectan los resultados buscados de forma tal que no puedan ser mejorados o tenidos en cuenta; ellos pueden ser, y usualmente son de manera justificada, aceptados como realistas (o al menos más realistas que otros) y usados para futuras investigaciones. (Shapere, 1993, p. 145, traducción propia)

Una de las críticas posteriores que efectúa este autor a la perspectiva de Hacking tiene que ver con el uso de las lentes como instrumentos de observación. Su antirrealismo se fundamenta además en la incapacidad de experimentar e intervenir sobre los objetos de tales sistemas gravitacionales. Shapere afirma que las implicancias antirrealistas de este último aspecto no son coextensivas con aquéllas correspondientes a los argumentos científicos de Hacking ni a su concepción de modelo, ni entre estas dos, inclusive. En este sentido, Shapere asegura que hay tres tipos de antirrealismos en su planteamiento, lo cual hace que su postura sea difusa. Ello significa que tal ambigüedad se aplicaría tanto en distintos ámbitos de la astronomía (planetaria, estelar y extragaláctica), como en el empleo de modelos. Así, poner énfasis en la capacidad de manipular los diversos objetos astrofísicos no conduce al mismo tipo de actitud filosófica que en los otros casos. Es decir, al utilizar modelos se puede interferir sobre los elementos modelados; a la inversa, si no se los usa, tampoco se podrían usar sus objetos y, sin embargo, se llegaría a la misma actitud.

De esta manera, Hacking tiende a equiparar aquello que se pueda experimentar, con aquello que pueda usarse, igualmente en el caso contrario. Al cruzar ambas ideas de manera indistinta, en sus afirmaciones, la existencia de las entidades involucradas se define a partir de su uso como herramientas para la investigación. Su noción de manipulación es aplicada aquí para salvar cualquier diferencia entre ellas. Según Shapere, Hacking reconoce que las lentes, aun cuando no pueden ser intervenidas, son utilizadas como instrumentos para obtener nuevos conocimientos. Este último autor menciona, en palabras de los astrónomos, que las lentes gravitacionales son herramientas necesarias para indagar sobre cuestiones astronómicas relevantes, tales como la distribución de masas en las galaxias y sus sistemas, la determinación de valores de ciertas constantes cosmológicas, entre otras. No obstante, se resta importancia a estos aspectos cruciales de las prácticas observacionales actuales. Un claro ejemplo de esto es el uso de lentes gravitacionales en el reino de las simulaciones computacionales, a la hora de modelar estructuras del universo a gran escala (filamentos y supercúmulos). Incluso, se deja de lado el rol que tienen ciertos sistemas para determinar la presencia y la densidad de la materia oscura, aun cuando las líneas espectrales no han sido detectadas. De una u otra manera, las lentes son empleadas actualmente en cosmología observacional para obtener información relevante que sólo a través de sus propiedades puede alcanzarse. Otro descuido crucial de Hacking al respecto, involucra la utilización de otro atributo observacional de tales lentes (su magnificación) como “telescopios” gigantes. Así, pese a la imposibilidad de interferir en dichos sistemas, ellos tienen usos importantes como instrumentos de investigación en la astrofísica. Según Shapere:

Pero, de nuevo, el hecho de que existan problemas con respecto a si los usos puedan ser exitosos casi nunca es relevante para la disputa realismo-antirrealismo debido a que ésta se aplica a las lentes gravitacionales y objetos lenteados. El hecho de que no resulten exitosos sirve para desestimar los usos como tales, para dejar el rol de aquéllos usos completamente sin analizar, y para negar la existencia de las entidades involucradas. Aparentemente, estos usos no cuentan como usos para Hacking, pero precisamente porque no constituyen interferencias. (Shapere, 1993, p. 147, traducción propia)

Shapere afirma que, en este estudio de casos particulares, Hacking no considera nada más allá de su posición con respecto a los objetos involucrados en dichos sistemas. Así, la utilización de estos últimos no sirve de evidencia ni para postular su existencia, ni para fundamentar un realismo de entidades en la astrofísica. Necesariamente, se debe intervenir sobre ellos. Si bien en este campo científico ello es imposible, Shapere asevera que tampoco hay razones para excluir cualquier uso sin intervención, es decir, emplear tales sistemas para descubrir aspectos nuevos tanto de las lentes, como de los objetos perturbados. De acuerdo a este último autor, aunque se establezca una nítida distinción entre los términos “uso” e “intervención”, la naturaleza siempre en este ámbito configura la situación de observación, sin necesidad de una manipulación estricta. Efectivamente, los astrónomos proponen y el universo dispone. A través de las siguientes imágenes puede notarse cómo el criterio de clasificación de los cuásares, por ejemplo, depende en primer lugar de sus atributos intrínsecos tales como el tipo de galaxia que lo contiene, entre otros. En segundo lugar, también depende de ciertas propiedades extrínsecas como lo es su disposición cósmica. De esta manera, aquellos cuásares que están alineados con respecto al observador son denominados blázares, ya que uno de sus “jets” de materia está en dirección a la Tierra.

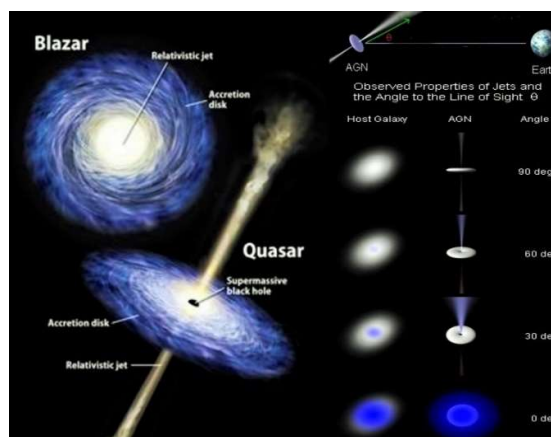


FIGURA 5. Ángulos de los jets con respecto a la línea de la visual.

Por otra parte, se piensa que la debilidad del análisis de Hacking reside en su concepción de la observación. Al situarla como subordinada de la actividad experimental rigurosa, la misma noción se diluye y pierde la capacidad de reflejar matices sutiles de relevancia epistemológica. Para Shapere, Hacking elude la importancia de la observación al ubicarla como una actividad pasiva, o sea, no interventiva. De este modo, las prácticas observacionales de la astronomía contemporánea se someten sólo a la contemplación del universo; por ende, sus métodos no experimentales son incapaces de brindar información sobre lo que existe y lo que no. Sin embargo, para Shapere resulta claro que los astrónomos, al usar la información observacional disponible, consiguen adecuar empíricamente los modelos vigentes o bien construir otros nuevos, independientemente de si han intervenido o no.

IV. REPENSANDO LA EXPERIMENTACIÓN

Como se ha visto anteriormente, la posición de Hacking no se basa en una aproximación lingüística o representacional a la hora de justificar las creencias epistémicas sobre la existencia de entidades inobservables. En esta dirección, Little (2000) sostiene que tal enfoque interventivo está orientado a un análisis ingenieril más que teórico con respecto a un realismo de entidades en las ciencias naturales. Como se ha notado, dicha doctrina es inapropiada en el ámbito de la astronomía, de ahí el escepticismo de Hacking para con los objetos de la astrofísica. No obstante, Shapere defiende una postura realista con relación a los objetos de tal disciplina. Por su parte, Little intenta separar los argumentos filosóficos de Hacking, de sus argumentos epistemológicos. Así, como se mostrará más adelante, el experimentalismo puede dissociarse en un realismo científico, o bien, en las prácticas experimentales propiamente dichas. Con relación a este último aspecto, Little pone énfasis en otras características del concepto de experimentación propuesto por Hacking, sin restarle importancia al poder causal que implica la interacción con entidades. Además, aquí se sostiene que estas últimas, aunque sean intangibles en el sentido de que sólo pueden observarse, interactúan causalmente a través de sus atributos físicos. De esta forma, en la astronomía, podría descartarse un realismo de objetos, pero no de propiedades.

Little afirma que, al momento de generar nuevos conocimientos, la observación pasiva es sustituida por una actitud experimental, invasiva y controlada, a fin de revelar los secretos de la naturaleza. Esta autora parafrasea a Hacking diciendo que el desarrollo de la ciencia, guiado sólo por la actividad teórica, posee dificultades básicas. Ellas ciegan a los agentes epistémicos en cuanto al lado interventivo de la ciencia y los confunde al establecer reglas de correspondencia que conectan entidades representacionales con los fenómenos observados del mundo. Sin embargo, a diferencia de otras ciencias físicas, los astrónomos no pueden manipular e intervenir sobre sus objetos de estudio y, menos aún, sobre aquéllos inobservables. Ello conduce a Little, siguiendo a Hacking, a cuestionarse si la astrofísica es o no una ciencia natural y si cabe en ésta algún tipo de actividad experimental. Este último autor sugiere que, exceptuando la escasa intervención sobre algún que otro cuerpo del sistema solar, la exploración galáctica es ciencia ficción y la experimentación extragaláctica es una mala broma. Contrariamente a este eslogan, aquí se sostiene que experimentar (directa o remotamente) sobre la superficie lunar, o de un cometa cercano, es campo de geología planetaria y no estrictamente de la astronomía observacional. En esta dirección, lo mismo ocurre si se llevan a cabo experimentos de distinta índole no “sobre”, sino “en” la Luna, Marte o en algún asteroide. Este es un claro ejemplo de interdisciplinariedad entre ciencias naturales muy variadas. Sin ir demasiado lejos, lo mismo sucede al manipular la luz, a través de aparatos, proveniente de los objetos astronómicos más distantes. Incluso, se piensa que es factible la intervención en el modelado computacional de ciertos fenómenos, ya sean galaxias o cúmulos de ellas. Así, se considera viable una experimentación no estricta o débil que incluye una multiplicidad de prácticas observacionales que van desde simulaciones por computadora, pasando por el automatismo de los sistemas instrumentales actuales, hasta las técnicas empleadas asociadas a diferentes campos de la física experimental. En este sentido, es impensable considerar que la astronomía no involucra actividades experimentales de este tipo y, menos aún, que no sea una ciencia natural. La debilidad de un experimentalismo está ligado acá a la imposibilidad de manipular sobre los objetos de la astrofísica, pero no a la capacidad de poder intervenir sobre sus propiedades.

Dado que en la astrofísica la experimentación es, aparentemente, incapaz de llevarse a cabo; para Hacking todo lo que resta son modelos que sólo permiten establecer descripciones de los fenómenos que ellos consideran. Little va en otra dirección, es decir, la experimentación no necesita ser tomada de esta manera. Pese a que entre las ciencias físicas de lo micro y de lo macro existen diferencias sustanciales, ellas no condicionan la actividad experimental subyacente. Según ella, esta última posee diferentes grados de control asociados tanto al conocimiento sobre la influencia causal de las entidades experimentales (el cual restringe el diseño del instrumento empleado), como a los aparatos y piezas de equipo (que controlan diversas propiedades de los objetos en cuestión) y, por último, a los científicos quienes estabilizan las relaciones causales entre ambos. De esta manera, el diseño de los radiotelescopios, por ejemplo, está basado en cómo interactúan ciertas ondas de radio con la estructura misma del aparato. Por otro lado, las propiedades observacionales provenientes de ciertas radiofuentes astrofísicas (pulsares y galaxias activas, entre otras)

pueden canalizarse a través de una o de varias antenas parabólicas, en caso de tratarse de un radiointerferómetro. Posteriormente, los datos obtenidos son procesados de tal forma que pueden ser representados visualmente en sus diferentes instancias, es decir, en las etapas de reducción y de análisis. Así, al discriminar la señal física del ruido (intrínseco o extrínseco), puede diferenciarse la información relevante de aquella que no lo es, permitiendo cierta estabilidad epistémica y la observación de los fenómenos bajo investigación.

Según Little, los elementos más importantes que constituyen la situación o el hecho experimental pueden o no ser físicos y, en la mayoría de los casos, suelen ser controlados. Ello significa que, además, están presentes ciertos aspectos cognitivos a la hora de construir los aparatos, como así también al momento de diseñar una observación determinada. Esta última, como se hizo notar anteriormente, se halla configurada por una serie de condiciones (iniciales y de contorno) físicas, epistémicas e idiosincráticas que ordenan tal situación. El interjuego entre instrumentos, técnicas y prácticas experimentales nutren la misma observación. Esta autora sostiene lo siguiente:

El control cognitivo es también responsabilidad: las condiciones de laboratorio existen donde – hasta tanto sea posible o plausible – todos los factores involucrados en una prueba pueden ser explicados, desde las condiciones iniciales, hasta los mecanismos que conducen el experimento, y la interpretación de su resultado... En la experimentación astronómica (si se puede llamar así), Hacking señala: hay una cuestión principal que tiene que ver con la naturaleza de lo que exactamente está sucediendo en la fuente experimental afuera en el espacio. Si evaluamos tal situación solo en términos de tener ese poder físico, resulta desalentador. Pero la incapacidad de ejercer poder sobre las condiciones iniciales no es sinónimo de permanecer completamente en la oscuridad con respecto a ellas. El reconocimiento del rango de las condiciones iniciales posibles que exceden la habilidad del experimentador para determinarlas o compensarlas se refleja en la amplitud de los términos en los cuales los resultados son interpretados. (Little, 2000, p. 4, traducción propia)

En este sentido, y pese a que los astrónomos no controlan sus objetos de estudio, resulta claro que la situación observacional está ligada a una variedad de factores que sí son efectivamente controlables. Estos últimos van desde intervenir sobre los atributos de los fenómenos observados al manipular su luz, hasta dominar el sesgo de los observadores a la hora de interpretar los datos. Aun cuando la incapacidad de experimentar con los objetos astronómicos genere cierto grado de incerteza, Little sostiene que no es razón suficiente para negar una experimentación débil en este ámbito, es decir, sobre algunas propiedades astrofísicas de dichos fenómenos. De esta manera, ella considera que los astrónomos no experimentan de la misma forma que los físicos; o sea, en las prácticas empleadas por aquéllos, la experimentación está supeditada a la observación y no al revés, como es en el caso de estos últimos. A su vez, a fin de distinguir las prácticas astronómicas de las ingenieriles, esta autora establece una diferencia entre la actividad general de testear (una hipótesis, una pieza de equipo o una técnica dada) y la de experimentar como un modo específico de testeo. Como se mencionó antes, el trabajo interdisciplinario enriquece las prácticas astronómicas actuales, las cuales dependen del desarrollo y de los adelantos tecnológicos de los sistemas instrumentales. Así, ellas se nutren ampliamente por el cruce entre diferentes comunidades de ingenieros, con “sensibilidad” astronómica, y de astrónomos, con “sensibilidad” instrumental. Ambos, los operadores y los observadores, son la interface que posibilita la retroalimentación entre esta ciencia natural y la tecnología disponible. Sin embargo, siguiendo a Little, Hacking parece entender la relación entre testeo y experimentación de forma diferente, donde chequear es condición necesaria, pero no suficiente, de la actividad experimental. En esta dirección, todos los experimentos son puestos a prueba, pero no todos los testeos son experimentos. Por esta razón este último autor sostiene que los astrónomos no experimentan, sólo chequean, como se mencionó arriba, en el amplio sentido de la palabra.

A diferencia, Little afirma que se puede invertir el peso de la prueba entre ambas actividades, es decir, si un testeo específico cuenta como un experimento, no todos los experimentos son chequeos exitosos. Así, esta perspectiva se aproxima más a la idea de experimento que propone Hacking (1983), la cual asevera cierta autonomía entre la experimentación y la teorización en el caso del descubrimiento de la radiación cósmica de fondo de microondas. En este estudio de caso, esta autora sostiene que los astrónomos observacionales involucrados fueron capaces de desarrollar distintas habilidades cognitivas, al margen del desarrollo teórico, que condujeron a dicho descubrimiento. En tal ejemplo, la experimentación fue un modo de llevar a cabo una serie de testeos que involucraron tanto la confirmación de conjeturas y presunciones, como la calibración y prueba de instrumentos. De esta manera, los astrónomos experimentan cuando llevan a cabo chequeos exhaustivos que permiten explicar, a partir de sus conocimientos, lo que sucede con los elementos que intervienen en cada instancia del proceso observacional, por más sofisticado que éste sea.

Referente al caso de las de lentes gravitacionales, Little asegura que lo que plantea Hacking es erróneo con respecto a que los astrónomos, a partir de la observación de los efectos producidos por tales sistemas, infieren la existencia de las lentes que los causan. Si bien ella no desarrolla este aspecto importante, cabe reiterar aquí que la problemática gira en torno al concepto de observación subyacente. Como se indicó antes, la cuestión radica en distinguir la observación de la observabilidad. Al considerar las lentes sólo como objetos, Hacking deja de lado cualquier propiedad o atributo observable de las mismas. Así, las lentes (sean o no observables) son objetos inferidos, no

observados. Sin embargo, lo que se quiere mostrar acá es el rol clave de la experimentación en las prácticas observacionales inherentes a dichos fenómenos astrofísicos. Para ello, Little ofrece una caracterización, para el ámbito de la astronomía en general, de la noción de experimento:

Una actividad bajo condiciones controladas y/o conocidas donde el experimentador trabaja con las fuerzas causales de una entidad para revelar (posiblemente al crear de nuevo) un fenómeno lo suficientemente estable para ser medido con precisión. (Little, 2000, p. 7, traducción propia)

Basándose en esta cita, ella se pregunta dónde está el inconveniente con la actividad experimental en esta disciplina, aparentemente, más contemplativa. Little descarta la respuesta de que los astrónomos no experimentan con dichos fenómenos dado que éstos no son capaces de controlar todas las condiciones implicadas, ni de manipular estos sistemas para producir efectos experimentales deseados. Esta autora afirma que esta cuestión no está bien encaminada y propone desarrollar ciertas investigaciones sobre microlentes gravitacionales. En primer lugar, ella piensa que en la astronomía los problemas tienen su resolución cuando se obtienen datos observacionales más precisos, en vez de realizar una búsqueda ciega de causas perdidas. En esta dirección, la misma centra su respuesta en aquellos proyectos de investigación asociados a la detección y exploración de sistemas binarios de minilentes. En particular comienza mencionando los objetivos y hallazgos del proyecto OGLE (*Optical Gravitational Lensing Experiment*), el cual podría considerarse como el antecesor de otros recientes como el MOA (*Microlensing Observations in Astrophysics*), el Observatorio Wise operado por la Universidad de Tel Aviv, o el proyecto PLANET (*Probing Lensing Anomalies NETWORK*). Todos ellos buscan candidatos posibles de materia oscura ordinaria o normal, como así también intentan mejorar las técnicas actuales y desarrollar otras nuevas en lo referente a la búsqueda de planetas extrasolares. En pocas palabras: la luz de una fuente estelar, al atravesar una microlente, incrementa su brillo de forma notable por un lapso de tiempo dado (en función de su alineación con el observador) antes de regresar a su intensidad original. Sin embargo, las primeras observaciones revelaron que la curva de luz del objeto “lenteado” presentaba un patrón diferente al esperado. Por esta razón, se pensaba que la lente debería ser un sistema estelar binario, o sea, una estrella doble que produce la deflexión de los rayos luminosos provenientes del objeto fuente. Pese a que esta detección era inesperada, su descubrimiento fue importante en aquél entonces, debido a que la curva de luz observada ajustaba precisamente con aquellos modelos teóricos, de principios de 1990, que consideraban sistemas gravitacionales con minilentes dobles. No obstante, en esa época, también surgió la hipótesis de que no se trataba de un sistema gravitacional con una lente binaria, sino que la curva de luz del objeto de fondo podía corresponderse a una nueva clase de estrella variable (intrínseca o extrínseca), no observada hasta ese momento. Posteriormente, nuevas observaciones esclarecieron esta cuestión y descartaron ambos supuestos, confirmando la presencia de minilentes constituidas por planetas extrasolares vinculados a estrellas.

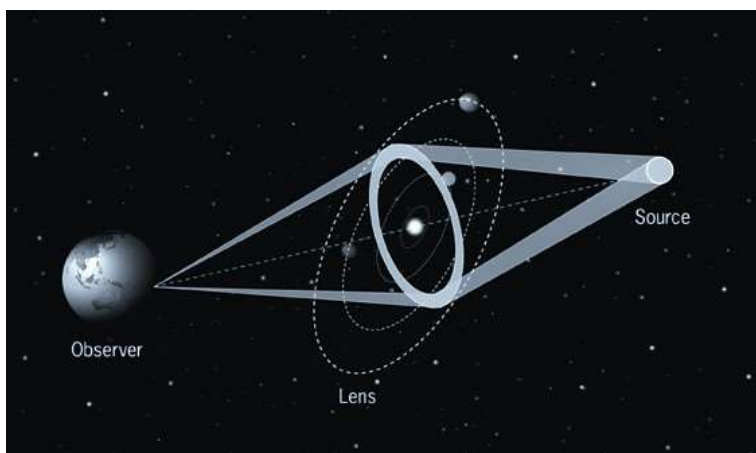


FIGURA 6. Microlente con un sistema planetario asociado.

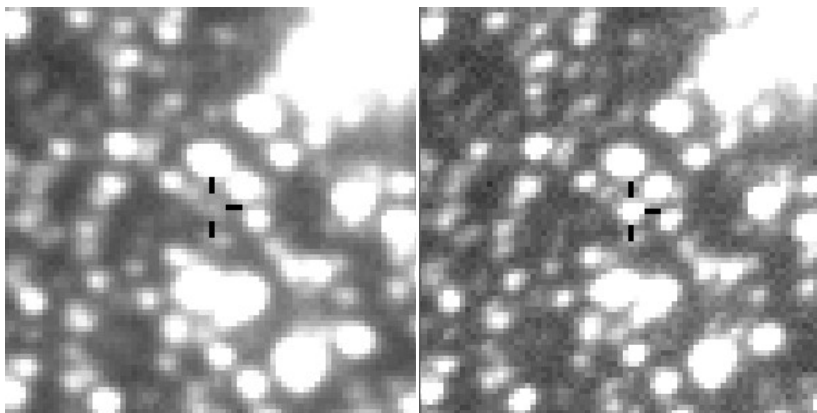


FIGURA 7. Cambios en el brillo de una estrella por un exoplaneta.

Según Little, pese a que los astrónomos son incapaces de viajar por el espacio y de chequear directamente (a ciertas escalas) dichos fenómenos, lo único que pueden hacer es aguardar que las fluctuaciones del brillo se repitan. Aun así, como se mencionó reiteradas veces, tal incapacidad tecnológica no implica la inobservabilidad de estos objetos, pero sí dificulta su observación. Dada la baja probabilidad de que el evento de microlente en relación con la estrella de fondo se reitere, cabe la posibilidad de que su variabilidad, aunque extraña, sea propia. Por esta razón, esta técnica es complementaria a otras. De una u otra forma, con bases de datos más confiables, el soporte evidencial provisto por nuevos catálogos de objetos astrofísicos transitorios permite controlar las condiciones de la situación observacional. Por otro lado, el empleo de prácticas observacionales basadas en efectos de lentes gravitacionales fuertes y débiles, les facilita a los astrónomos poder explicar el rol de la materia oscura en los estudios de la dinámica de cúmulos de galaxias en proceso de colisión, tal como el fenómeno conocido como “Cúmulo Bala” (*Bullet Cluster*). Por su parte, Little concluye su artículo con lo siguiente:

Aquello que les falta a los investigadores para controlar las condiciones iniciales, quizás lo compensan en términos de técnicas y datos que llenan dentro y a través de las subdisciplinas... Un ejemplo sorprendente, del cual valdría la pena escribir otro artículo, resulta de la colaboración de los astrónomos ópticos, de rayos gamma y de radio para perfeccionar la fuente de explosiones de rayos gamma... El hecho de que estas observaciones son tomadas con equipamiento diseñado para trabajar con propiedades causales de entidades inobservables, y el hecho de que las fuerzas causales de las entidades son controladas por estos dispositivos de manera tal que puedan crear un efecto estable nos indican hasta dónde son capaces de llegar los astrónomos, los trabajos sobre lenteado gravitacional son experimentos. (Little, 2000, p. 9, traducción propia)

De manera complementaria, cabe destacar que al momento de generar situaciones de control los astrónomos compensan sus limitaciones observacionales apelando al uso de técnicas astro-informáticas, como así también al empleo de simulaciones computacionales. Así, la computación está asumiendo un rol central en los laboratorios astronómicos actuales. Mediante la automatización de los sistemas multi-instrumentales y a través del procesamiento y del análisis de datos observacionales y simulados, se desarrolla una parafernalia de actividades tecno-científicas que cruzan otras comunidades y otorgan “vida propia” a las prácticas astronómicas contemporáneas.

V. CONCLUSIÓN

A partir de la problemática filosófica en torno a la posibilidad de sostener una posición realista o antirrealista en la astronomía, surgió la necesidad de examinar el concepto de observación y nociones afines al mismo. Al abordar el estudio de caso sobre los sistemas de lentes gravitacionales, Hacking (1989) declaró su postura antirrealista en la astrofísica, dando lugar a la respuesta de Shapere (1993) quien cuestionaba su enfoque. Esta controversia, la cual podría considerarse anacrónica en cierto modo, se centraba en una noción de observabilidad basada sólo en los objetos, pero no en sus propiedades o cualidades, ni en las relaciones entre sus atributos observables. Como conclusión filosófica, aquí se intentó mostrar que la aceptación de un realismo de propiedades atenúa tal discusión.

Al considerarse la observación como un concepto amplio que engloba y se nutre de rasgos característicos de la experimentación como de la medición y de la evidencia disponible, pudo analizarse la sofisticación de los procesos observacionales astronómicos. En esta dirección, se indagó cómo la propuesta de Little (2000), con relación a las obras

de Hacking (1983, 1989), condujo a repensar la experimentación en un sentido débil. Dada la imposibilidad de llevar a cabo experimentos rigurosos en el ámbito de la astronomía, se aceptó como viable una experimentación no severa. Esta última hace referencia a prácticas interventivas en el entorno de los sistemas instrumentales y no en el dominio de los fenómenos en sí. Dichos sistemas incluyen tanto la multiplicidad de aparatos, accesorios y piezas de equipo, como así también la heterogeneidad de herramientas y auxiliares informáticos y computacionales. Específicamente, se mencionaron ciertas técnicas de identificación y de detección de lentes gravitacionales, siendo algunas de estas últimas utilizadas como instrumentos “naturales” de observación. Desde el plano estrictamente epistemológico, se considera factible situar al servicio de las prácticas observacionales aspectos de una experimentación no estricta asociada a simulaciones de fenómenos, obteniendo propiedades y logrando observaciones a través las mismas.

Por último, atendiendo al objetivo general de este artículo, se ha planteado una propuesta de trabajo interdisciplinario que favorece la comprensión de un bagaje de conceptos tanto astronómicos como filosóficos, reduciendo la bifurcación entre dos culturas, aparentemente, excluidas entre sí. En palabras de Sersic: “*Una cultura integrada, que salve el abismo entre las dos culturas, que combine humanismo y ciencias, es un ideal clásico que debemos volver a recrear*” (Sersic, 1991, p. 30). De esta manera, se valora aquí el rol central de las reflexiones que surgen de la interacción entre la filosofía de las prácticas científicas, la historia de la ciencia (filosóficamente orientada) y las ciencias propiamente dichas. Así, la integración de comunidades de distintas áreas enriquece el alcance de aquéllas que asumen la tarea de transmitir conocimientos en los diferentes niveles de educación, al generarse una interacción virtuosa entre científicos, humanistas y docentes.

REFERENCIAS

- Hacking, I. (1983). *Representar e Intervenir*. S. Martinez (trad.). México: Paidós.
- Hacking, I. (1989). Extragalactic Reality: The Case of Gravitational Lensing. *Philosophy of Science*, 56(4), 555-581.
- Little, M. (2000). Rethinking ‘Experimentation’. *Philosophy of Science Association, 2000 Biannual Meeting*. Contributed papers, 1-10.
- Shapere, D. (1993). Astronomy and Antirealism. *Philosophy of Science*, 60(1), 134-150.
- Sersic, J. L. (1991). Reflexiones sobre la enseñanza y difusión de la astronomía. *Revista de Enseñanza de la Física*. 4(1), 28-34.
- van Fraassen, C. B. (1980). *The Scientific Image*. Oxford: Oxford University Press.
- Zwicky, F. (1937a). Nebulae as Gravitational Lenses. *Physical Review*, 51(4), 290.
- Zwicky, F. (1937b). On the Probability of Detecting Nebulae Which Act as Gravitational Lenses. *Physical Review*, 51(8), 679.