Inferencias abductivas y diseño observacional en astronomía

Maximiliano Bozzoli *

Introducción

Atendiendo a los diferentes tratamientos filosóficos que ha tenido la distinción entre una observación directa y otra indirecta, y a su vez entre lo observable y lo inobservable, en este trabajo se tomarán en cuenta ciertas prácticas observacionales indirectas de la astronomía contemporánea. Se explorarán las relaciones, dadas en el proceso de generación de hipótesis, entre los conceptos de evidencia e inferencia y se analizarán sus dependencias con el diseño observacional. A partir del soporte evidencial disponible, existen diferentes maneras de obtener conclusiones y resultados observables. Precisamente, las inferencias observacionales suelen estar ligadas a esquemas de razonamiento muy variados, entre los cuales pueden identificarse tanto mecanismos inductivos como patrones abductivos.

A diferencia de la inducción, la cual permite sólo transferir alguna propiedad física observada en el pasado al futuro inobservado, las inferencias abductivas permiten dar las causas o las razones explicativas de este último a partir de los eventos previamente observados. A los propósitos de este trabajo, se tendrá en cuenta la clasificación propuesta por Schurz (2008), quien sostiene que las abducciones son patrones especiales de inferencias a la mejor explicación y se mantendrá una posición crítica al enfoque estructuralista de este autor.

Al considerarse un estudio de caso de la astrofísica estelar, se mostrará que el criterio clasificatorio propuesto por Schurz descuida aspectos importantes del diseño observacional que configura la situación abductiva. En particular, el salto inferencial de la evidencia a la hipótesis o conclusión inferida también está sujeto a la objetividad propia del sistema de observación, es decir, tanto al diseño de los instrumentos y técnicas asociadas a ellos como a las condiciones iniciales y de contorno del escenario observacional.

Patrones de razonamiento

En contraste con el esquema de *inferencia a la mejor explicación* (IME) propuesto por Harman (1965), la mayoría de los autores sugieren modificar este patrón de razonamiento debido a la incapacidad de conocer todas las explicaciones posibles de un fenómeno determinado. Incluso Lipton (1991) sugiere que la *inferencia a la mejor explicación disponible* (IMED) puede conllevar a un ámbito especulativo debido a la falta de conocimiento del objeto bajo investigación. Por esta razón, Schurz asevera que la primera regla no es factible y la segunda no es ampliamente aceptada. De esta manera, él ratifica la necesidad de establecer criterios tales como el de mínima aceptación y el de comparación entre las explicaciones abductivas más probables y

* Universidad Nacional de Córdoba. maxibozzoli@gmail

las más atractivas. Dado que no existe una regla única que permita establecer la calidad de dichas explicaciones, él afirma además que los criterios de evaluación para las abducciones son diferentes para los distintos tipos de abducciones; de ahí su clasificación.

Schurz sostiene que el importante rol estratégico de los patrones abductivos está asociado siempre a una función justificacional débil, mediante la semejanza o similitud con otros patrones más exitosos. Según él, los esquemas inferenciales generales, tales como IME o IMED, no proveen reglas heurísticas que guíen eficientemente en el proceso de generación de hipótesis explicativas. Ello se debe a que estas últimas dependen de tipos particulares de escenarios abductivos que las condicionan.

Dado que el rol más importante de las abducciones es el estratégico, el cual permite la exploración tanto de conjeturas posibles como de explicaciones probables a partir de una situación determinada, en las abducciones selectivas la dificultad subyace en definir el espacio de búsqueda en función de un tiempo razonable; mientras que en las abducciones creativas el problema radica en encontrar sólo una conjetura que se ajuste a las limitaciones requeridas en futuros testeos empíricos y confirmaciones posteriores. De esta manera, Schurz provee un criterio de clasificación basado en tres factores de mayor y de menor relevancia epistémica. Dichos factores posibilitan además que la norma para evaluar patrones sea diferente en cada grupo. Este autor propone tres "dimensiones" para clasificar patrones abductivos: 1) el tipo de hipótesis inferida, la cual puede inicialmente producirse como una conjetura, 2) la clase de evidencia disponible; a partir de la misma se intenta explicar un fenómeno específico y 3) las creencias epistémicas y mecanismos cognitivos que dirigen el proceso abductivo. Sin embargo, desde su perspectiva epistemológica, él considera sólo el primer factor como el más relevante para establecer un criterio taxonómico. Solamente con identificar supuestos, presunciones, conjeturas, opiniones o rumores, es posible modelar cada tipo abductivo como un esquema específico donde la hipótesis explicativa más prometedora está determinada estructuralmente. Así, este autor deja de lado las otras dos dimensiones, las cuales son aquí consideradas fundamentales para intentar definir un criterio robusto de clasificación.

Si bien Schurz no desarrolla los dos últimos factores, tampoco los niega. Él sostiene que estas tres dimensiones no son independientes entre sí, o sea, las propiedades de un patrón abductivo pueden también estar sujetas a los valores del segundo y del tercer factor, los cuales se hallan en covarianza con respecto al estatus del primero. Esto significa que la evidencia disponible en conjunto con el conocimiento de base puede brindar el soporte epistémico para el tipo de hipótesis que es abducida. Los procedimientos necesarios para evaluar esta última dependerán de sus características y serán diferentes para cada clase. Dado que el análisis planteado por este autor está lejos de tener en cuenta grados de evidencia en relación con las prácticas observacionales, la clase de evidencia que él menciona está condicionada a un examen cualitativo.

Patrones de abducción

Schurz considera las abducciones factuales como una primera clase que incluye hechos

observables e inobservables en principio. Los primeros pueden o no ser observados; si lo son, la observación es directa cuando son percibidos o indirecta cuando son percibidos a través de instrumentos de observación. En este tipo de abducciones, tanto la evidencia como la hipótesis abducida se corresponden con casos particulares. Así, la *retroducción* se halla conducida por leyes conocidas que van de las causas a los efectos y la hipótesis inferida tiene una dirección inversa a las implicaciones sugeridas por dichas leyes. Este patrón de razonamiento hacia atrás, suele formar parte del sentido común humano. Según este esquema, a partir de la evidencia arrojada por efectos particulares observados, las causas específicas no observadas pueden ser observables en un marco de leyes conocidas. De esta manera, los procedimientos de testeo consisten sólo en obtener la mayor cantidad de evidencia a la hora de generar la conjetura abducida. De acuerdo a Magnani (2001), este tipo de abducciones son principalmente selectivas y el soporte epistémico proporcionado por el conocimiento de fondo permite incrementar la probabilidad, en contraste con causas posibles alternativas. La evaluación y la técnica de eliminación probabilista es un algoritmo que suele emplearse de manera inconsciente en esta clase de abducciones.

Por otra parte, una de las limitaciones de las factuales se da cuando éstas involucran variables ocultas o anónimas en los antecedentes de determinadas leyes causales. En estos casos, dichas variables no están contenidas en las consecuencias implicadas por estas leyes. Así, al instanciarse tales consecuencias, mediante la evidencia observacional disponible, el razonamiento hacia atrás no permite encontrar la variable correspondiente a la causa o razón observable. Por el contrario, en las abducciones más comunes de hechos observables, la hipótesis inferida siempre es confirmada posteriormente mediante la observación directa. Sin embargo, existen patrones abductivos de hechos observables donde la hipótesis abducida no es directamente observada. En tales casos, su confirmación también puede ser tanto directa, como indirecta. Ello significa que dicha inferencia puede chequearse con la ayuda de aparatos, o bien, al observarse (directa o indirectamente) sus consecuencias empíricas y efectos producidos. De una u otra manera se obtiene nueva evidencia a favor, la cual es empleada en futuras instancias confirmatorias y aumenta el estatus epistémico de la conjetura inferida. Un subtipo de estos patrones son las abducciones de hechos históricos, donde la hipótesis abducida no es directamente observada dado que corresponde a un hecho del pasado distante.

Por otro lado, Schurz identifica abducciones factuales que incluyen hechos inobservables. En estos casos, la conjetura inferida podría referirse a un inobservable en principio, o sea, al tratarse de una entidad teórica asociada al modelo del fenómeno bajo investigación. En tales casos, la abducción es conducida por teorías y conocimiento de base, y no por leyes. Según este autor, si el conocimiento de fondo no contiene teorías generales pero sí leyes causales o de implicación, entonces es posible generar conjeturas mediante una retro-inferencia.

Los esquemas abductivos mencionados anteriormente son selectivos y están fuertemente guiados por leyes de implicación. Sin embargo, existen patrones creativos que son conducidos por teorías establecidas, los cuales no forman parte del sentido común humano pero poseen un importante rol en el razonamiento científico. No obstante, los procesos cognitivos involucrados

en estos últimos patrones, permiten la construcción de modelos nuevos. Así, la tarea abductiva consiste en buscar las condiciones iniciales y de contorno que describan, en el lenguaje de la teoría, las causas posibles del fenómeno considerado. Dichas condiciones son expresadas como enunciados fácticos, cuyo contenido semántico hace referencia exclusiva al modelo teórico del fenómeno bajo investigación. En este tipo de patrones abductivos, el problema no consiste en seleccionar una conjetura posible de muchas otras, dado que la teoría restringe el espacio de búsqueda. La cuestión radica en hallar sólo un modelo plausible que permita derivar el fenómeno que se intenta explicar.

Por otra parte, existe otra subclase de aducciones creativas que permite inferir características nuevas de un objeto observado mediante la introducción de conceptos novedosos. Dichas abducciones, de segundo orden, están guiadas por la extrapolación, la analogía, o por la unificación causal. De esta manera, la hipótesis o conjetura abducida se corresponde a nociones que tienen referencia con ciertas propiedades o atributos físicos de un objeto observado. A fin de explicar el fenómeno bajo estudio, estas nuevas propiedades pueden ser extrapoladas a las diferentes escalas de observación del mismo objeto. En aquellos casos donde la conjetura inferida no pueda ser transferida, el nuevo concepto puede relacionarse y combinarse con otras nociones análogas que compartan las mismas características esenciales de la teoría.

Schurz sostiene que la clase más interesante de abducciones creativas es aquella que está guiada en virtud de la unificación de causas comunes y ocultas. Las mismas pueden involucrar un soporte de evidencias correspondientes a un objeto particular, o bien, a un fenómeno que incluye objetos relacionados entre sí y propiedades interconectadas de éstos. La conjetura inferida en el primer caso sugiere que el objeto observado, directa o indirectamente, es un efecto de una hipotética causa (observable o inobservable); mientras que en el segundo caso, las regularidades y correlaciones observadas son efectos de una hipotética causa común, la cual también puede ser observable o no observable. En ambos casos la hipótesis abducida puede introducir una nueva entidad, cuya observabilidad dependerá no sólo del tipo de evidencia disponible sino de sus grados o "pesos epistémicos", los cuales son sugeridos en las bases de datos observacionales. Curiosamente, este autor sostiene que este tipo de abducciones no presupone características idiosincráticas y ningún conocimiento de base, a excepción de aquel necesario para explicar el fenómeno.

Ejemplo astronómico

Los primeros indicios sobre la posible existencia del gas interestelar surgieron a partir de los resultados observacionales publicados en la *Astrophysical Journal* en 1904 por Johannes Hartmann, quien fuera posteriormente el director del Observatorio de la Plata, en Argentina. Históricamente, la idea que precedió al concepto de *medio interestelar*, introducido por este astrónomo alemán, puede atribuirse a las observaciones llevadas a cabo por William Herschel, más de cien años antes. Este último identificó *nebulosas oscuras* en la Vía Láctea, a las cuales denominó "agujeros en el cielo" [Fig.1].

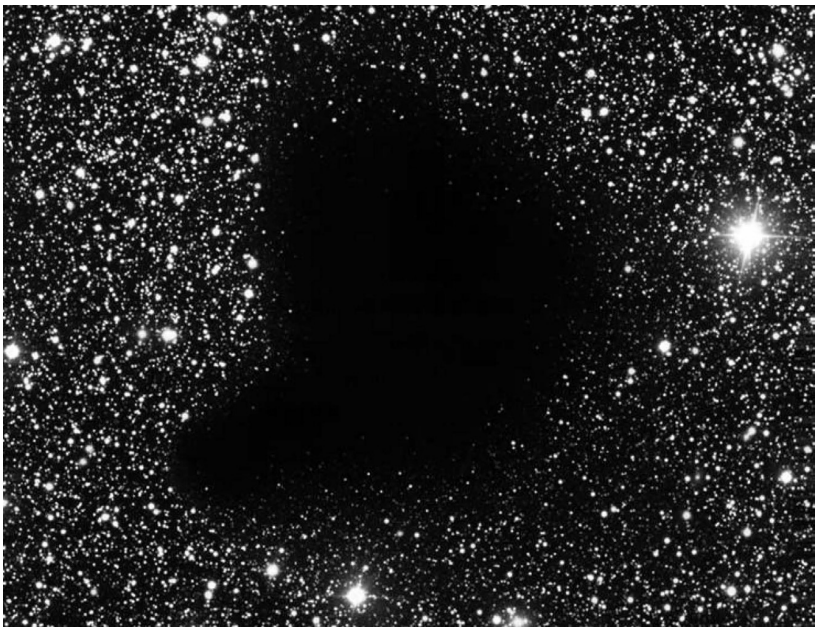


Fig. 1 Nebulosa oscura en la Vía Láctea: Barnard 68, ubicada en la constelación de Ofiuco.

Él se cuestionaba si estas zonas en la bóveda celeste carecían de estrellas, o bien, si la luz proveniente de las mismas era bloqueada por materia nebulosa. En esa época, la idea de nebulosas oscuras era tan sólo una conjetura que se nutría de las inferencias inductivas realizadas por Herschel. Sin embargo, puede identificarse que el patrón de razonamiento empleado en ese entonces era abductivo del tipo selectivo, ya que éste le permitió realizar su modelo del tamaño y de la estructura de la Vía Láctea. Así, este patrón era conducido por leyes empíricas ampliamente aceptadas: la ley de la uniformidad en la distribución de la materia estelar y la ley de la disminución de los brillos aparentes de las estrellas a medida que aumentan sus distancias.

A principios del siglo XX, Hartmann (1904) encontró evidencia observacional para afirmar que el espacio entre las estrellas no es vacío. Así, el análisis espectroscópico de la estrella doble δ Orionis (Mintaka) revelaba líneas de absorción de calcio ionizado. Gracias al uso de un espectrógrafo de mayor poder resolvente que los disponibles anteriormente, él observó que la absorción de este elemento químico, en una longitud de onda específica, estaba compuesta por tres líneas de absorción. Dos de ellas presentaban desplazamientos Doppler, hacia el rojo y el azul, correspondientes a los movimientos de ambas estrellas alrededor de un centro de masas común. La tercera línea permanecía estacionaria y al no coincidir con la velocidad media de la estrella binaria,

ésta se originaba en un fenómeno no asociado físicamente al sistema en cuestión [Fig. 2]. En esta fase de la investigación puede distinguirse que el patrón de razonamiento abductivo es guiado fuertemente por las teorías astrofísicas, por el conocimiento de base (las leyes de la espectroscopía, etc.) y por los aspectos idiosincráticos de ese momento. Como se notará a continuación, este patrón oscila entre la selectividad-eliminación de causas hipotéticas observables y la creatividad, al introducir una nueva entidad también observable: el medio interestelar.

Julius (1905), quien confirmó al año siguiente la hipótesis abducida por Hartmann con otra estrella binaria (Nova Persei), comenta que este último rechazó la idea de que la tercera línea en cuestión pudiese haber sido causada tanto por la atmósfera terrestre como por el sistema estelar en cuestión. De esta manera, Hartmann elimina estas hipótesis para conjeturar que en algún punto en el espacio, en la línea de la visual, entre el Sol y Orión, existe una nube de vapor de calcio que se mueve a una velocidad de 16 km/h. Al examinar los espectros de las estrellas vecinas, no se obtiene más información sobre la existencia de esta nube de gas.

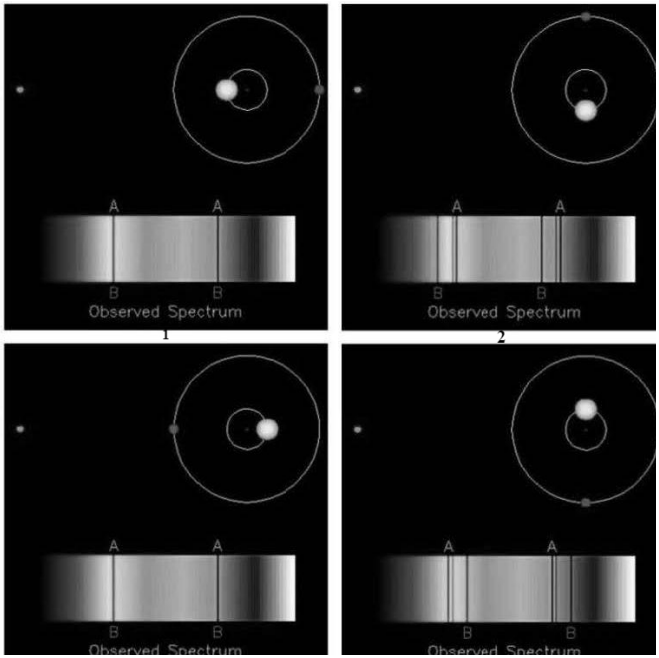


Fig. 2 Análisis espectral de la estrella binaria Mintaka o δ (Delta) Orionis. En las fases 2 y 4 se hace visible la tercera línea espectral, permaneciendo oculta en las fases 1 y 3.

Así, a la luz del soporte evidencial disponible, Hartmann concluyó que esta última línea se debía a la presencia de una nube de gas interestelar y no al gas perteneciente a las capas más externas de las atmósferas de las dos estrellas. No obstante, existía también la presunción de

que dicha línea pudiera ser causada por el gas circumestelar, el cual es arrojado al espacio en la forma de viento estelar. Este último es producido en gran parte por eyecciones de masa coronal y en menor medida por la presión de la radiación electromagnética, o sea, por ciertos efectos de la luz sobre las partículas que conforman el gas ionizado producido en la fotósfera de cada estrella. Sin embargo, la resolución de los instrumentos y las técnicas empleadas por Hartmann le permitieron inferir que la temperatura de la línea espectral estacionaria era menor a aquéllas de las líneas correspondientes al sistema binario. Así, la hipótesis abducida sugería que la causa observable, la cual producía el efecto observado en la tercera línea de absorción, se correspondía a una nube de gas interestelar frío situada entre la Tierra y la estrella doble.

El descubrimiento de Hartmann, del medio interestelar, introdujo una nueva entidad en la astronomía de principios del siglo pasado. Esto abrió las puertas a investigaciones futuras que confirmaron esta hipótesis y que dieron lugar a observaciones de diferentes nubes ubicadas aisladamente a lo largo de la línea de la visual [Fig. 3].

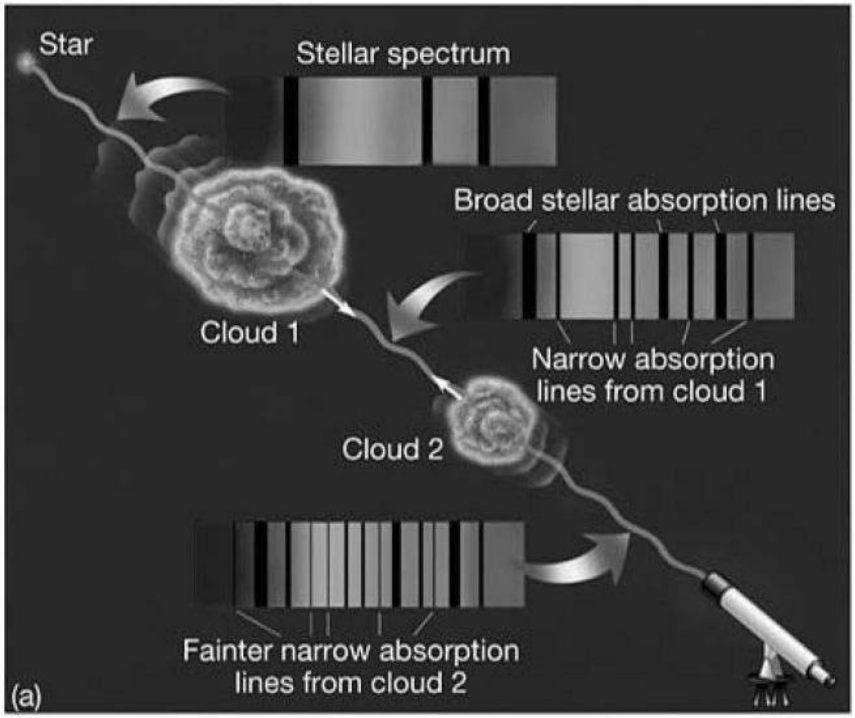
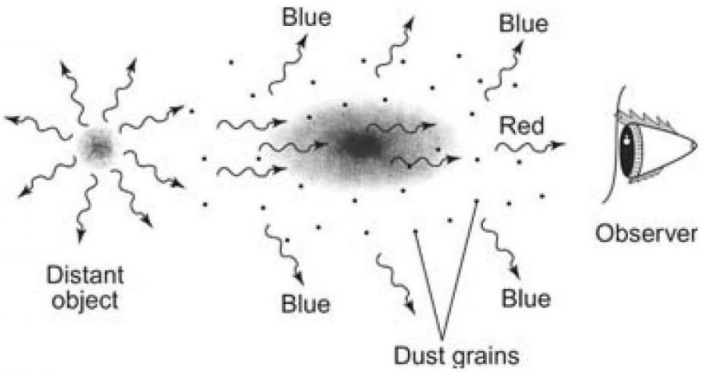


Fig. 4 Líneas de absorción producidas por la presencia de nubes de gas y polvo.

Además, esta noción se enriqueció con el hallazgo de Robert Trumpler (1930), del polvo interestelar a partir de la absorción de la luz proveniente de los cúmulos abiertos de estrellas [Fig. 4].



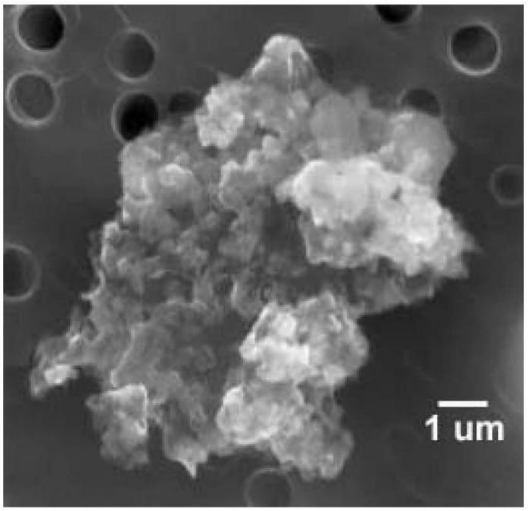


Fig. 4 Enrojecimiento y extinción de la luz al atravesar el polvo interestelar (arriba). Fotografía de una partícula típica de polvo interplanetario de 10 micrones, recolectado en la estratósfera terrestre (abajo).

En esta última etapa de la investigación el patrón abductivo es altamente creativo, siendo fuertemente dirigido en virtud de la unificación causal. A medida que las evidencias disponibles fueron cobrando importancia, el medio interestelar dejó de ser una mera conjetura para convertirse en una hipótesis de relevancia epistémica. Esta entidad dinámica involucra tanto la materia estelar (gas y polvo) y sus diferentes estados, como las fuentes de energía (campos de radiación y campos magnéticos) que intervienen en ella. Asimismo, la

caracterización del medio interestelar resultó ser crucial en las discusiones en torno de la teoría de los universos isla y de los modelos de la Vía Láctea, las cuales desencadenaron el surgimiento de la astronomía extragaláctica.

Conclusión

A partir de este estudio de caso, puede notarse que el patrón inferencial utilizado por Hartmann es abductivo del tipo creativo. Su descubrimiento fue guiado tanto por teorías que le permitieron modelar un fenómeno determinado, como así también por la unificación de causas que le posibilitaron la introducción de un nuevo concepto. Por un lado, además de las teorías astrofísicas de la época, el modelado de la estrella binaria requirió de la búsqueda de condiciones que puedan describir, en el lenguaje del marco teórico, las causas posibles de la evidencia espectroscópica obtenida. Son condiciones iniciales si el sistema estelar es doble o múltiple, la clase espectral de cada estrella, sus masas, temperaturas, luminosidades, etc. Las condiciones de contorno están supeditadas tanto a la presencia de calcio ionizado en las atmósferas de ambas estrellas y en el medio circundante a ellas, como al tipo de movimiento de sus órbitas. Por otra parte, la hipótesis abducida sobre el medio interestelar permitió dar una explicación plausible de la línea estacionaria, estableciendo una hipotética causa común inobservable con líneas espectrales similares de otros objetos, tales como el investigado por Julius.

A diferencia del criterio de clasificación propuesto por Schurz, este ejemplo muestra que existen condiciones que trascienden al modelo del fenómeno observado y se hallan ligadas al diseño de una observación; en particular, a los instrumentos y al escenario observacional. El objetivo de este trabajo consistió en rescatar los dos aspectos epistémicos descuidados por Schurz, al considerarse los roles de la evidencia y de la observación en torno de las prácticas científicas. A partir del ejemplo astronómico tomado en cuenta, se ha mostrado que el mecanismo abductivo está sujeto a la objetividad propia del sistema de observación, permitiendo el paso del soporte evidencial a la hipótesis inferida. No obstante, pese al replanteo que se ha intentado hacer aquí de este criterio, el ejemplo también ha mostrado una metamorfosis considerable de las clases de razonamientos abductivos involucrados. Por esta razón, no resulta nítida una categorización de estos patrones en aquellos estudios de casos que presentan un alto nivel de sofisticación en sus procesos observacionales.

Bibliografía

HARMAN, G. H. (1965). "The Inference to the Best Explanation". *Philosophical Review*. Vol. 74, pp. 88-95.

HARTMANN, J. (1904). "Investigations on the Spectrum and Orbit of δ Orionis". *Astrophysical Journal*. Vol. 19,

pp. 268-286.

LIPTON, P. (1991). *Inference to the Best Explanation*. London: Routledge.

MAGNANI, L. (2001). *Abduction, Reason, and Science*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

SCHURZ, G. (2008). "Patterns of Abduction". *Synthese*. Vol. 164, pp. 201-234.

TRUMPLER, R. J. (1930). "Absorption of Light in the Galactic System". *Journal of the Astronomical Society of the Pacific*. Vol. 42, No. 248, pp. 214-227.