

El rol de las representaciones visuales y el concepto de observación en astronomía[†]

Maximiliano Bozzoli*

Resumen: a partir del supuesto inter-juego entre las representaciones visuales y los modelos teóricos en la astronomía observacional, el artículo pretende mostrar una interrelación más profunda entre las primeras y los modelos, más los instrumentos y la ontología. Dicha interrelación, mediante las representaciones visuales, define una estructura que llamaremos horizonte observacional (HO), estructura que refleja nuestro estado actual del conocimiento observable en determinadas líneas de investigación dentro de esta rama de la astronomía. Las representaciones visuales muestran una confluencia de límites impuestos por las teorías, los aparatos y las entidades teóricas y observacionales contempladas. El artículo se propone esclarecer el fuerte nexo o vínculo entre dichas representaciones, y lo que se considera actualmente una observación astronómica.

Palabras claves: Klaus Hentschel, representaciones visuales, modelos teóricos, instrumentos, desarrollo tecnológico, ontología, astronomía observacional, horizontes observacionales, observación, Dudley Shapere.

Summary: on the basis of the interplay between visual representations and theoretical models in observational astronomy we will try to show in this paper a deeper interrelationship between those representations and models plus instruments and ontology. Through visual representations such interrelation defines a structure which will be called an observational horizon (OH). An OH reflects our present state of observational knowledge in specific lines of investigation within this branch of astronomy. Visual representations play a key role in showing a confluence of limits imposed by theories, instruments and observational and theoretical entities. One of the most important objectives of this article is to make clear the strong link between visual representations and what an astronomical observation is considered to be nowadays.

Key words: Klaus Hentschel, visual representations, theoretical models, instruments, technological development, ontology, observational astronomy, observational horizons, observation, Dudley Shapere.

“Una imagen vale más que mil palabras...

...un espectro vale más que mil imágenes”

Dicho astronómico

Introducción

El estudio de las representaciones visuales en la astronomía observacional revela la manera como un astrónomo lleva a cabo sus propias observaciones. Éstas están

[†] El presente trabajo es una primera aproximación al desarrollo de mi Tesis de Licenciatura, la cual se titula: *El concepto de observación en Astronomía: un enfoque epistemológico.*

* Licenciatura en filosofía · Facultad de Filosofía y Humanidades · Universidad Nacional de Córdoba, Argentina; maxibozzoli@yahoo.com.ar

impregnadas de representaciones tales como imágenes, fotografías, espectros, diagramas esquemáticos, etc. En la actualidad, la mayoría de las publicaciones astronómicas enfatizan en la comunicación no verbal mediante representaciones de este tipo.

Se ha sugerido en algunos estudios sobre las representaciones visuales un supuesto inter-juego entre éstas y los modelos teóricos, lo que significa una interrelación entre fotografías, dibujos, gráficos, diagramas, esquemas, etc., y los marcos teóricos, teorías o, simplemente, los conjuntos de hipótesis. Esta interrelación refleja otra aún más profunda entre los modelos, los instrumentos y la ontología. El papel que cumplen las representaciones es mostrar una confluencia de límites impuestos por las teorías, los aparatos y las entidades teóricas y observacionales. También se ha sugerido que tienen *vida propia* (Hentschel, 1999); tan controvertida afirmación nos lleva a pensar en una aparente conjunción interdisciplinaria, como la que hay entre las técnicas necesarias para la producción y la elaboración de una representación visual.

El alto inventario de representaciones visuales que nos ofrece esta rama de la astronomía no es simplemente un conjunto de “imágenes nítidas” que reflejan únicamente un contexto histórico, tampoco son imágenes que aportan sólo evidencia a nuestra impresión sensible de las cosas, sino que juegan un rol clave en la determinación de lo que llamaré un *horizonte observacional* (HO). Éste se relaciona significativamente con la idea de un límite o frontera en el conocimiento observacional —en un determinado contexto histórico— dentro de la astronomía. Dicho concepto se remite a un complejo conceptual o *estructura* constituida por: a) el *modelo teórico*, b) los *instrumentos* y c) la *ontología*, interrelacionados profundamente mediante las representaciones visuales, y cada uno de ellos se limita o se extiende eventualmente a las mismas las cuales definen un HO.

A partir del supuesto del inter-juego, mostraré que las representaciones visuales son fundamentales para la interrelación que existe en la estructura de cada horizonte observacional y para la determinación del mismo. La supuesta autonomía o relativa independencia de las representaciones de este tipo dependerá tanto del modelo teórico de un HO en particular, como del marco teórico de otro horizonte. El objetivo de este trabajo no sólo consiste en tratar de mostrar el importante rol que tienen las representaciones visuales en la práctica científica dentro de la astronomía observacional, sino tratar de dilucidar lo que puede considerarse —actualmente— como una observación astronómica.

1) Las representaciones visuales

Una de las ideas más importantes en los estudios históricos de las representaciones visuales es el cruce interdisciplinario entre las bellas artes y las disciplinas científicas, es decir, el uso de diversas técnicas artísticas para la producción de las representaciones visuales de datos y de objetos. Este es un fenómeno histórico

que se halla ausente en muchas tradiciones científicas y presente en otras. Una representación visual es un medio de comunicación no verbal que requiere de un cierto conocimiento previo de lo que se está representando y de las técnicas empleadas para la elaboración de dicha representación.

Klaus Hentschel¹ toma como ejemplo los dibujos de Galileo Galilei de los cráteres de la superficie lunar realizados con un telescopio bastante precario y publicados en 1610 en el *Siderius nuncius*; éstos eran demasiado pobres debido a que estaban representados en madera tallada. Sin embargo, el dibujo original en acuarela revelaba una técnica muy competente, pues Galileo tenía una gran habilidad para pintar sobre acuarela. Según Samuel Edgerton, los conocimientos de Galileo para dibujar en perspectiva provienen de la Academia Florentina del diseño. Estas técnicas nos permiten ver los dibujos en acuarela de la superficie lunar en tres dimensiones interpretan correctamente el sombreado con la topología de la luna. Por otro lado, Thomas Harriot también observó la luna a mediados de 1609 con un telescopio similar al de Galileo. Sólo pudo observar manchas oscuras y no reconoció, en sus primeros dibujos, ningún indicio de cráteres en tres dimensiones, dada la carencia de ciertas técnicas del diseño florentino para realizar un dibujo en perspectiva. La falta de adopción de nuevas técnicas para las representaciones visuales en aquella época era un fenómeno que también podía depender de factores como los elevados costos de los materiales para la producción de las mismas.

Las representaciones visuales, una vez percibidas, sirven como *sitios interactivos* en los que el astrónomo puede *ver más allá* a través de ciertos procesos astronómicos seleccionados y medidos. Según Hentschel, esta manera de pensar con (y en) las imágenes es un rasgo característico propio de la práctica científica. La astronomía, en particular, nos ofrece un alto inventario de representaciones visuales tales como: cartas estelares, atlas fotométricos, mapas espectrales, fotograffias, diagramas esquemáticos, etc. Es tentador pensar que estas representaciones son meras imágenes nítidas que sólo reflejan un aspecto histórico. Sin embargo, cuando interactuamos con una en particular, nos introducimos en un modelo teórico determinado. Tal es el caso cuando visualizamos el perfil de una línea fotométrica de una estrella en particular para inferir cuáles son las condiciones físicas en el núcleo estelar. De esta manera, vemos claramente el inter-juego que existe entre un determinado modelo teórico astrofísico y ciertas representaciones visuales.

Aunque se piense que estas últimas dependen absolutamente de un marco teórico en particular, dicha interrelación no disminuye el valor que tienen las mismas. Hentschel sostiene, paralelamente a lo que Ian Hacking afirma con respecto a la noción de experimento en las ciencias, que las representaciones visuales

¹ Klaus Hentschel, "Drawing, engraving, photographing, plotting, printing: historical studies of visual representations, particularly in astronomy", en: *The role of visual representations in astronomy: history and research practice*, (Contributions to a colloquium held at Göttingen in 1999, edited by Klaus Hentschel and Axel D. Wittmann), Alemania, Verlag Harri Deutsch, 2000.

también son *una empresa con vida propia*. Dicha afirmación, tomada casi como una creencia del sentido común filosófico, es muy controvertida ya que debemos conocer precisamente los diferentes tipos de representaciones y cómo se encuentran relacionadas entre sí. De todas maneras, podemos aseverar que las mismas (pictóricas y no pictóricas) poseen una cierta autonomía o relativa independencia con respecto a un modelo en particular y a otro marco teórico instrumental o tecnológico. Por otro lado, esta supuesta autonomía de las representaciones no verbales se extiende también a los instrumentos y forma parte de otro supuesto muy importante. El desarrollo y la elaboración de nuevos aparatos no dependen sólo de un marco de teorías astronómicas —específicas— que definan el propósito del instrumento, sino principalmente, de los adelantos tecnológicos de los que dispongamos en ese momento.

Las representaciones visuales cambian continuamente su atractivo. Esto se produce no sólo por el simple deterioro físico de las mismas, sino porque pasan a ser obsoletas desde un punto de vista metodológico. Este atractivo es diferente en distintos estados de su ciclo de vida, ya que se va a dirigir a distintos receptores. Una misma representación visual considerada obsoleta para la comunidad científica puede ser atractiva para un espectador en un museo, por ejemplo. Ésta es una de las razones por las cuales puede producirse un cambio de representación no necesariamente en un contexto de descubrimiento. Aunque la impresión sensible (*image*: el mensaje o la información visual captada) permanezca siempre igual, la representación visual (*picture*) puede cambiar. Según Hentschel, lo que cambia no es la impresión sensible sino su concretización en un medio de materialización específico en función de una determinada cultura de impresión y de recepción. Lo que cambia, en definitiva, es la representación no verbal. Esta clase de cambios se debe justamente a nuevas extensiones de los límites impuestos por los aparatos. El desarrollo y los adelantos tecnológicos en el instrumental son cruciales para la materialización y producción de una representación visual. Dicho desarrollo instrumental dependerá además de un modelo teórico tecnológico, de un marco teórico astronómico determinado que defina el propósito de los aparatos. Lo cual significa que además de un marco teórico instrumental existen diversas condiciones iniciales estipuladas por un modelo teórico en particular. Ambos modelos definen los instrumentos que determinan ciertos límites conjuntamente con aquellos límites propios del modelo y de la ontología sobre las representaciones visuales.

Las culturas visuales se fueron introduciendo fuertemente en la ciencia a lo largo de su historia. Esto implica ciertas predisposiciones (a favor o en contra) de diversas técnicas de representación. Peter Galison² nos muestra un contraste entre dos tradiciones en la física del siglo XX. La primera depende del fuerte uso y construcción de imágenes visuales como los modelos de reconstrucción

2 Peter Galison, *Image & logic: a material culture of microphysics*, Chicago, The University of Chicago Press, 1997.

mimética de ciertos fenómenos naturales. La segunda, en cambio, depende de lo cuantitativo, es decir, de los análisis estadísticos de un gran número de acontecimientos según como los detectan los dispositivos electrónicos con salida de datos numéricos (no pictóricos). Según Galison, ambas tradiciones evolucionaron paralelamente durante la mayor parte del siglo pasado y convergieron en otra tradición. La misma surgió con la digitalización de imágenes en detectores como el CCD (dispositivo de carga acoplada) y el procesamiento de tales imágenes a partir de programas de computadora especializados. El estado del arte de estos últimos permite limpiar los datos instrumentales o crudos que obtenemos del detector. De la misma manera como se retocaban las placas fotográficas antiguamente, los programas nos permiten realzar imágenes, colorearlas, reducir el ruido intrínseco o instrumental, etc. La confluencia de estos dos estilos muestra claramente la evolución de las representaciones visuales, de las analógicas a las lógicas o digitales.

Hentschel, entre otros, ha sugerido un supuesto inter-juego entre los modelos teóricos y las representaciones visuales. Dicha interrelación refleja otra aún más profunda entre los modelos, los instrumentos y la ontología. El papel que cumplen las representaciones consiste en mostrar una confluencia de límites impuestos por las teorías, los aparatos y las entidades teóricas y observacionales. Dichas representaciones no son sólo imágenes que reflejan un aspecto histórico o que solamente aportan evidencia a nuestra impresión sensible de las cosas, sino que juegan un papel clave en la determinación de lo que he llamado un *horizonte observacional* (HO).

2) Los horizontes observacionales

Existen diversas nociones de lo que es una observación astronómica. Esto depende del contexto histórico en el cual nos encontremos. Antiguamente, el desarrollo del conocimiento astronómico se hallaba sujeto fuertemente a la observación mediante la percepción sensible que teníamos del firmamento. Posteriormente, con el desarrollo de ciertos instrumentos, se combinaba el uso de los aparatos con ciertas técnicas para observar con nuestros ojos. A medida que se fueron perfeccionando los instrumentos, se fueron dejando de lado las diversas maneras de observar con tales órganos sensitivos. El desarrollo tecnológico fue configurando nuevas concepciones de lo que es una observación astronómica. No obstante, la observación siempre fue la fuente primaria de datos en esta disciplina. Desde la perspectiva de la filosofía de la ciencia existen diversas concepciones filosóficas de lo que es la observación. Una de ellas es la noción de observación clásica, la cual es caracterizada como la fuente primaria de los datos. Esto consiste en hacer observaciones y obtener los datos correspondientes que sirven para contrastar teorías o para construir las mismas. Para Francis Bacon, padre de las llamadas

ciencias inductivas del siglo XVII, la observación se hallaba fuertemente influenciada por el uso de los instrumentos. En el *Novum organum*, Bacon expone que estos últimos: “Reducen lo no sensible a lo sensible; esto es, que hacen manifiestas las cosas que no son directamente perceptibles, por medio de otras que lo son”.³

Esto implica que la observación que se obtenía mediante los instrumentos era una extensión de nuestra percepción sensible. En otras palabras, hay cierta continuidad entre ver con nuestros ojos y observar con los aparatos. Pero posteriormente, en particular en el siglo XX, la noción de observación cambió con el advenimiento de nuevas corrientes filosóficas. Para el positivismo lógico, como es sabido, existió una fuerte distinción entre la teoría y la observación; más precisamente entre los términos teóricos y los términos observacionales. Observar, desde esta perspectiva, era ver la superficie de las cosas y todo el conocimiento debía, en última instancia, derivarse de allí. De esta manera, lo “real” se restringía a lo observable, más precisamente a lo que podíamos “ver” con nuestros ojos. Posteriormente, surgieron varias respuestas en contra de tal distinción. Esto, a su vez, derivó en nuevas concepciones que otorgaban un fuerte papel a los adelantos tecnológicos y al desarrollo instrumental en torno al concepto de observación en la ciencia.

Actualmente para los astrónomos “ver a simple vista” no siempre es la manera de abordar una observación. Esto significa, claro está, que ellos generalmente observan por medio de instrumentos. Lo que se ve de esta manera, rara vez puede verse a “ojo desnudo”. En la actualidad podemos encontrar dos formas de observación. Desde este punto de vista entendemos por *observación directa* la observación que tenemos mediante el uso de los aparatos. Por *observación indirecta* o inferencia observacional, entendemos la observación directa de los efectos producidos o causados por ciertos fenómenos. Además, contamos con un tipo de inferencia inductiva conocida como *abducción*, la cual postula la mejor hipótesis (entidad teórica u observacional) que sugiere la mejor explicación de un fenómeno astronómico determinado. De esta manera, consideramos que una observación astronómica no puede prescindir de los instrumentos, sean naturales o artificiales, es decir, órganos fisiológicos sensitivos o construcciones de artefactos diseñados para extender nuestra percepción de las cosas. Este es uno de los supuestos epistemológicos de la estructura de los horizontes observacionales.

En esta dirección, Dudley Shapere,⁴ entre otros, propone que la observación es la que se hace mediante los aparatos, lo cual es bastante

³ Bacon, Francis, *Novum organum: aforismos sobre la interpretación de la naturaleza y el reino del hombre*, Barcelona, Orbis, 1984. Citado en: Ian Hacking, *Representar e intervenir*, Méjico, Paidós, 1996. Parte B: Intervenir, capítulo 10, La observación, p. 197.

⁴ Shapere, Dudley, “El Concepto de observación en ciencia y en filosofía”, en: *Filosofía de la ciencia: teoría y observación*, Méjico, Siglo XXI Editores, UNAM, 1989.

compatible con la noción pre-positivista mencionada anteriormente. La observación se halla sujeta al desarrollo tecnológico actual y depende del *uso* que hagamos de nuestras teorías, nos dice Shapere. Esto conforma lo que se conoce como el *estado actual del conocimiento observacional*. Dicho estado extenderá, eventualmente, el alcance de lo que llamamos una observación astronómica, la cual supone una cantidad masiva de teoría sobre cómo trabajan los aparatos o incluso sobre la transmisión de la información. Esto es: “X se observa si (1) la información se recibe por medio de un receptor apropiado y (2) esa información se transmite directamente, i.e., sin interferencia, al receptor del ente x (que es la fuente de información)”.⁵

De esta manera, podemos inferir que una observación astronómica dependerá de factores como los marcos teóricos que utilicemos, las propiedades físicas de aquellas entidades observadas y por observar, así como también de los adelantos en el instrumental disponible para concretar una observación.

Dichos factores configuran una noción de observación, que se mantiene en la actualidad. Las limitaciones impuestas por los modelos teóricos existentes, por las entidades (teóricas y observacionales) y por los instrumentos convergen en las representaciones visuales que son una confluencia de límites que definen un cierto horizonte observacional, el cual refleja nuestro estado actual del conocimiento observable en determinadas líneas de investigación dentro de esta rama de la astronomía.

Por otro lado, a la hora de rastrear y saber cuál es el origen del concepto de HO, nos encontramos en una tarea difícil y complicada. Pensamos que esto se debe a que el horizonte observacional puede hallarse relacionado con muchas otras nociones, las cuales pueden poseer usos y significados muy diversos. En otras palabras, el concepto en cuestión puede estar relacionado con otros usados en diferentes ámbitos dentro de la astronomía observacional. Tal es el caso cuando nos referimos cosmológicamente a un límite esencial para expresar la frontera del universo observable. Esto nos muestra el límite observacional impuesto por el último desacople producido entre la materia y la radiación —según el modelo actualmente vigente— unos 400.000 años posteriores al Big-Bang. Otro uso diferente del mismo concepto puede ser cuando nos referimos al horizonte de sucesos definido por el radio de Schwarzschild de un agujero negro, por ejemplo. O bien, la frontera observable que puede existir a medida que el universo se expande entre dos o más objetos distantes debido a la relación entre la distancia a la cual se encuentran y el tiempo que demora la luz en viajar de un objeto a otro.⁶

En una de sus acepciones más generales, la noción de horizonte observacional se relaciona significativamente con la idea de un límite o frontera en el

⁵ *Idem* nota 2, p. 211.

⁶ Cuando los horizontes de dos o más objetos se intersectan, según el *Diagrama de Ellis*, los mismos se pueden “ver” y se hallan comunicados o causalmente conectados.

conocimiento observacional —en un determinado contexto histórico— dentro de la astronomía.⁷ Dicho concepto se remite a un complejo conceptual o estructura constituida por: a) el *marco teórico*, b) los *instrumentos* y c) la *ontología*. Los mismos se hallan profundamente interrelacionados mediante las representaciones visuales. Cada uno de ellos limita o extiende eventualmente a estas últimas, las cuales definen un HO en particular. Esto significa que las representaciones que determinan un horizonte poseen la propiedad de ser una confluencia de los límites de cada uno de estos conceptos fundamentales. Por lo tanto, una representación limitada de manera aislada no alcanza, por sí sola, para definir un HO. Esto es lo que hace de este concepto algo único en cuanto a su estructura. Es importante aclarar que cada representación visual astronómica puede tener una limitación o una extensión más fuerte proveniente de un concepto fundamental que de otro. Si bien la estructura conceptual de los HO es única, esto no quiere decir que exista un único horizonte. Las limitaciones y ampliaciones de los mismos dependerán de las relaciones entre los respectivos límites de los conceptos constituyentes, impuestos en cada representación visual. En otras palabras, la determinación de cada HO será el resultado de ciertas relaciones entre los límites teóricos, instrumentales y ontológicos definidos en dichas representaciones.

3) Ejemplo

Para ilustrar lo que estamos estableciendo, tomaremos como ejemplo la predicción teórica —a partir de un determinado modelo— de las curvas de rotación orbital en ciertas galaxias en contraste con los datos observacionales obtenidos de las mismas y la presencia de “materia oscura” en el halo galáctico. Las estrellas en las galaxias más grandes tienden a moverse con mayores velocidades en torno a ellas que en las menos luminosas. Visualmente podemos estimar una relación entre la luminosidad galáctica y la velocidad de las estrellas que la componen, pero no es necesario confiar en dichas estimaciones para calcular la masa total de una galaxia ya que podemos usar su gravedad. En otras palabras, mientras que las estimaciones visuales de estrellas, de polvo y gas pueden no tener en cuenta fenómenos como la absorción de la luz, la gravedad siempre tiene en cuenta toda la materia masiva independientemente de su luminosidad. De esta manera, aplicando un modelo teórico newtoniano, podemos determinar la cinemática de una galaxia.

Cuando observamos galaxias distantes vemos que se alejan de nosotros de acuerdo a la relación empírica, formulada por Edwin Hubble, entre la velocidad

⁷ Pueden clasificarse, metodológicamente, tres ramas principales dentro de la astronomía: la *teórica*, la *observacional* y lo que actualmente podría considerarse como la rama *experimental*. Situamos esta última, desde este punto de vista, como intermedia entre la primera y segunda rama, ya que utiliza elementos de ambas. Al hablar de HO nos referiremos, en este trabajo, sólo a la rama observacional.

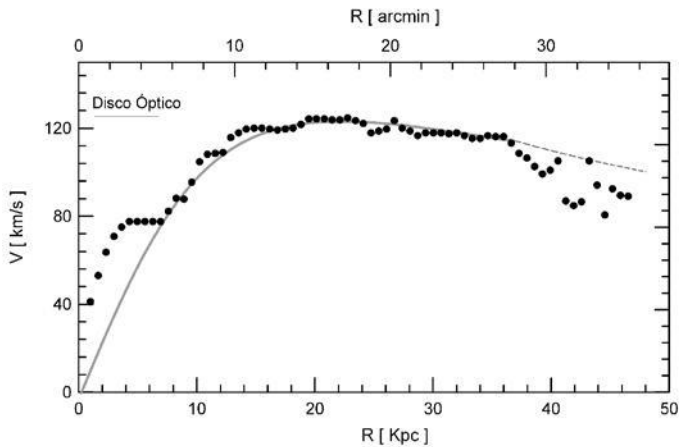
y la distancia. Esto se conoce como la ley de Hubble: a mayor distancia, mayor es la velocidad a la cual se aleja una galaxia de nosotros debido a la expansión del universo. Dicha relación puede determinarse midiendo cuánto se desplaza hacia el rojo la luz emitida una vez descompuesta en un espectro. Espectroscópicamente este fenómeno es conocido como corrimiento hacia el rojo (*redshift*). Si observamos una galaxia con un cierto ángulo de inclinación con respecto a la vía láctea, podemos notar que cuando rota, parte de la misma se moverá hacia nosotros mientras que la otra parte se alejará. Esto implica, si observamos con un espectrógrafo, que la luz emitida desde distintas partes de dicha galaxia tendrá un desplazamiento hacia el rojo más débil en la región del disco galáctico que rota hacia nosotros, con respecto a la región del disco que se aleja. Aunque la velocidad de expansión del universo siempre es dominante, el lado que rota hacia nuestra galaxia tendrá una velocidad de recesión o de alejamiento menor que el otro lado. Por lo tanto, las líneas espectrales no estarán tan desplazadas hacia el rojo como aquellas líneas correspondientes a la región del disco que se aleja de nosotros. A partir de un barrido espectroscópico preciso a lo largo de la galaxia, podemos determinar la velocidad orbital de los objetos en torno a la misma. Puesto que el desplazamiento hacia el rojo de las líneas espectrales es directamente proporcional a la velocidad del objeto que emite la luz, entonces el corrimiento de una determinada línea comparada con la expansión de Hubble nos permite calcular la velocidad relativa de una cierta región de la galaxia en relación con el centro de la misma. Así podemos saber precisamente cuál es la velocidad orbital de los objetos en cualquier parte de dicha galaxia.

Basados en una representación visual pictórica, en este caso un espectro, podemos elaborar otra no pictórica: un diagrama de la velocidad orbital [km/seg] en función de la distancia [kpc]⁸ que refleje visualmente la curva de rotación deducida a partir del desplazamiento observado en las líneas espectrales. Esto puede lograrse mediante una técnica conocida como *proceso de reducción de datos*, la cual consiste en atribuir propiedades físicas o valores observables a los datos crudos o instrumentales obtenidos del detector. En general, en la mayoría de las publicaciones actuales sobre curvas planas de rotación de galaxias no se muestra la incerteza de la medición. Esto ocurre debido a que por un lado, gracias al desarrollo tecnológico, la precisión de los aparatos (como la eficiencia cuántica del CCD, por ejemplo) que componen nuestro sistema de observación —colector, codificador, detector, etc.— es muy grande. Por otro lado, es sabido que la señal que emite un objeto astronómico, es decir, la luz como transporte de la información, se carga de ruido al atravesar distintos medios perturbadores: intergaláctico (lentes gravitacionales, materia oscura, etc.), interestelar (polvo y gas, principalmente),

Nota: 1 parsec [pc] es igual a 3,26 años luz, un kiloparsec [kpc] son 1.000 pc y un megaparsec [mpc] equivale a 1.000.000 pc, es decir, a 3.260.000 años luz. La Vía Láctea, nuestra galaxia, tiene 100.000 años luz de diámetro, o sea, aproximadamente unos 30.68 kpc.

interplanetario (viento solar) y finalmente nuestra atmósfera. De todas maneras, el margen de error en la medición es ínfimo y los límites instrumentales son despreciables en relación con los límites impuestos por el modelo teórico y la ontología. La mayor fuente de error se debe a las variaciones en la curva de rotación observada, que se produce por la perturbación de ciertas entidades astronómicas contempladas por el modelo tales como: agujeros negros, barras, brazos galácticos, galaxias satélites, materia oscura, etc. Dichas entidades, propias de la ontología de este HO, perturban directamente al ente observado (la galaxia en sí) arrojando ciertos límites que no son reproducibles por los marcos teóricos circularmente simétricos (axisimétricos). Esto implica una gran limitación del modelo teórico usado, el cual debe ser ajustado o precisado de acuerdo a los datos obtenidos.

A continuación veremos una representación visual en la que se muestra la curva de rotación de una galaxia espiral barreada, en particular Messier 83 o NGC 5236, a toda escala y usando diferentes rangos electromagnéticos (óptico, infrarrojo, etc.).⁹ Dicha representación final nos muestra un contraste entre la curva de rotación orbital predicha por el modelo, una vez ajustado a la curva de datos observacionales.



En este diagrama se puede ver la curva plana de rotación de la galaxia debido a la perturbación de una componente externa, la cual se extiende varias veces más allá del disco óptico. Esta última requirió de un marco teórico (modelo de halo) de una sola componente de masa interpretada como un halo de materia oscura, unas veinte veces más masivo que el disco de M83. Dicha representación nos muestra una confluencia de límites que define un horizonte observacional en particular. Más precisamente, refleja nuestro estado actual del conocimiento observable en la línea de investigación extra-galáctica dentro de la rama observacional de la astronomía.

⁹ María Paz Agüero, y J. Rubén Díaz, “La rotación del gas en M83: de 8pc a 50kpc”, *Boletín de la Asociación Argentina de Astronomía*, Argentina, Volumen 47, 2004.

Conclusión

Finalmente, se ha tratado de mostrar a partir del supuesto inter-juego entre los modelos y las representaciones visuales, una interrelación más profunda entre estas últimas con los marcos teóricos, los instrumentos y la ontología. Dicha interrelación —mediante las representaciones visuales— define una estructura compuesta por estos tres conceptos básicos que hemos llamado un *horizonte observacional* (HO). Tal noción refleja nuestro estado actual del conocimiento observable en determinadas líneas de investigación dentro de la rama observacional de la astronomía. El papel que tienen las representaciones visuales es crucial en la determinación del HO. De todas las representaciones que nos ofrece la astronomía observacional encontramos algunas que definen un horizonte en particular. Esto significa que tales representaciones, al relacionar la teoría, los aparatos y las entidades (contempladas por un modelo específico), se constituyen en un receptáculo o en una confluencia de límites impuestos por estos tres conceptos fundamentales.

El análisis de este tipo de representaciones no verbales nos muestra la manera como un astrónomo realiza una observación. Básicamente podemos integrar, a partir de una representación final, esta confluencia de límites impuestos. En el ejemplo tratado hemos visto cómo en un diagrama se representan los datos observacionales en contraste con un modelo teórico determinado. Al precisar dicho modelo, ajustándolo a los datos obtenidos, la predicción teórica coincide con la curva plana observacional. En este último diagrama pueden inferirse los límites teóricos en la interpretación de los datos y la limitación impuesta por ciertas entidades consideradas teórica y observacionalmente como la materia oscura, por ejemplo.

Por otro lado, queda planteada la discusión entre los diferentes tipos y niveles de representaciones visuales y el grado de autonomía o de relativa independencia con respecto a un modelo astronómico específico y a un marco teórico tecnológico.

Este último permite el desarrollo instrumental necesario para la producción de las representaciones visuales (pictóricas y no pictóricas). Algunos autores (Maienschein, 1991) otorgan un rol particular a la fotografía como *presentación* y a la producción de dibujos, esquemas, diagramas, etc., como *representación*.

Tal distinción se relaciona con la idea de que una fotografía (de un objeto o de un espectro) ayuda a nuestra percepción sensible como forma de presentación; mientras que a la hora de producir un diagrama existe una intervención mental, la cual se manifiesta como una representación.

Uno de los objetivos de este trabajo no sólo consistió en mostrar la importancia de las representaciones visuales en esta rama de la astronomía, sino esclarecer lo que se considera actualmente una observación astronómica.

Bibliografía

- Agüero, María Paz, y Díaz, J. Rubén, (2004), “La rotación del gas en M83: de 8pc a 50kpc”, en: *Boletín de la Asociación Argentina de Astronomía*, Argentina, Vol. 47.
- Baker, G. James, y Dimitroff, Z. George, (1945), *Telescopes and accessories*, (The Harvard Books on Astronomy, edited by Harlow Shapley and Bart J Box), London, The Blakiston Company.
- Hacking, Ian, (1996), *Representar e intervenir*, (Sergio Martínez, tr.), Méjico, Paidós.
- Hentschel, Klaus, (2000), “Drawing, engraving, photographing, plotting, printing: historical studies of visual representations, particularly in astronomy”, *The role of visual representations in Astronomy: history and research practice*, (Contributions to a Colloquium held at Göttingen in 1999, edited by Klaus Hentschel and Axel D. Wittmann), Alemania, Verlag Harri Deutsch.
- Hubble, Edwin, (1937), *The observational approach to cosmology*, London, Oxford University Press.
- _____, (1958), *The realm of the nebulae*, USA, Dover Publications, Inc.
- Maienschein, Jane, (1991), “From presentation to representation in E. B. Wilson’s the cell”, en: *Biology and Philosophy*, 6, Departament of Philosophy, USA, Arizona State University.
- Mast, Damián, (2002), *Trabajo especial de espectroscopia integral de campo de la región central de la galaxia Messier 83 o NGC 5236*, (Dr. Rubén J. Díaz, director), Argentina, Editorial de la Universidad Nacional de Córdoba, Observatorio Astronómico de Córdoba.
- Miczaika, R. G., y Sinton, M. William, (1967), *Las herramientas del astrónomo*, (Carlos Varsavsky, trad.), Argentina, Editorial Eudeba.
- Ratledge, David, (1997), *The art and science of CCD astronomy*, London, Springer-Verlag London Limited.
- Sérsic, José Luis, (1972), *El conocimiento de las fronteras*, (Colección “Cuarto Centenario” dirigida por el Prof. Emilio Sosa López), Argentina, Editorial de la Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba.
- _____, (1990), *Universos*, Argentina, Editorial de la Academia Nacional de Ciencias.
- Shapere, Dudley, “El concepto de observación en ciencia y en filosofía”, en: *Filosofía de la ciencia: teoría y observación*, Méjico, (antología compilada y traducida por León Olivé y Ana Rosa Pérez Ransanz), Siglo XXI Editores, UNAM.
- Walker, Gordon, (1987), *Astronomical observations. An optical perspective*, USA, Cambridge University Press.
- Zwicky, Fritz, (1957), *Morphological astronomy*, USA, Springer-Verlag.

