

Asignación de científicos en el observatorio astronómico Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array (ALMA): lógica virtual, sociomaterialidad y régimen de control en la ciencia

*Alejandro Espinosa**

Universidad Alberto Hurtado, Santiago, Chile

RESUMEN

El siguiente artículo tiene como pretensión dar cuenta de las valoraciones que se dan en los procesos de asignación de tiempos de observación en el observatorio astronómico Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array (ALMA) en Chile. Para ello se considera teóricamente la lógica virtual que incide en dicho proceso, junto con la sociomaterialidad involucrada, de tal forma de constatar un régimen de control de la ciencia, el cual es uno de los dominios de la compleja red de Estados-universidades-empresas que participan del proyecto astronómico. Al investigar de este modo la asignación de científicos en este observatorio, se señala cuáles son las instancias en las que los científicos se coordinan, cómo se utilizan ciertos dispositivos para facilitar los procesos y de qué forma ello conlleva un dominio particular del régimen. A través de este caso se puede observar la forma que adopta un tipo de régimen transnacional, que está a cargo de suborganizaciones, el cual opera valorando de diversas formas los proyectos que se presentan, los que pasan por distintas situaciones de examen dentro de la comunidad astronómica del observatorio y en el que las temáticas científico-tecnológicas son el resultado de dichas prácticas locales.

Palabras clave

Astronomía, teoría actor red, teoría de sistemas sociales, estudios sociales de la ciencia y la tecnología, sociología de la ciencia

* Magíster (c) en Sociología, Pontificia Universidad Católica de Chile. Sociólogo, Universidad Alberto Hurtado. Becario CONICYT. Correo electrónico: anespinosa@uc.cl.

Allocation of scientists at the astronomical observatory Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array (ALMA): Virtual logic, socio-materiality and control system in Science

ABSTRACT

The purpose of this paper is the valuations that are given in the allocation process observation times at the astronomical observatory Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array (ALMA) in Chile. For this it is considered in theory the virtual logic that affects the process along and the socio-materials involved that allow to observe a control system of science, which is one of the domains of the complex network of state-universities-companies that are needed for astronomical projects. To investigate the allocation of scientists at the observatory I considered how the scientists are coordinated, how certain devices are used to facilitate the process and how it entails a particular domain of the regime. Through this case, we can observe a type of transnational regime between sub-organizations, which depend on different kinds of valorization in scientific projects that are tested in many situations within the astronomical community observatory where scientific and technological issues are the result of such local practices.

Keywords

Astronomy, actor-network theory, social system theory, social studies of science and technology, sociology of science

Introducción

En Chile, la astronomía tiene una ventaja geográfica al momento de referirnos a la 'calidad de cielos' de nuestro país. Esta condición posibilitó la construcción de importantes telescopios en el norte, zona que actualmente arroja los índices más altos en los indicadores nacionales de ciencia y tecnología. Se proyecta que durante 2020, el país concentrará cerca de un 70% de toda la infraestructura mundial en telescopios, con una inversión de US\$ 6.000 mil millones¹ al finalizar la construcción del European Extremely Large Telescope (E-ELT).

Con respecto a la producción astronómica, durante 2011 esta correspondió al 6,6% del esfuerzo investigativo del país, exhibiendo los más altos niveles de

¹ Según página web de Conicyt; <http://www.conicyt.cl/astrofotografia/sobre-astrofotografia/que-es-astrofotografia/>

colaboración internacional (75,14% en 2006 y 79,80% en 2011), en los que la producción en Q1 (primer cuartil de revistas de alto impacto) muestra una pendiente positiva, pasando de 50,45% en 2006 a 57,14% en 2011, y en los que el impacto normalizado se sitúa sobre la media del mundo, alcanzando en 2011 un 1,77. Con respecto al nivel de excelencia, este se sitúa por sobre la media de Chile, consolidándose desde 2009 valores por sobre el 10% esperado (17,73% en 2011), mientras que el nivel de liderazgo está por debajo de la media de Chile, mostrando una pendiente negativa que desciende de 51,53% en 2006 a 42,86% en 2011. Si bien la producción liderada que alcanza la excelencia muestra una pendiente positiva, los valores son menores en el nivel de desempeño (2,88% en 2006 y 4,43% en 2011). No obstante, los resultados relativos al área de física y astronomía se explican principalmente por la colaboración internacional en investigaciones que no son lideradas en el país (SCIMAGO Lab, 2013, p. 24), lo que da cuenta de la relevancia que tiene la dimensión internacional para el desarrollo científico nacional.

Entre algunos de los telescopios existentes en Chile destacan el Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array (proyecto ALMA), el Very Large Telescope (VLT), Atacama Pathfinder Experiment (APEX), The Cornell Caltech Atacama Telescope (CCAT), Atacama Submillimeter Telescope Experiment (ASTE), el Observatorio Paranal, Observatorio Interamericano El Tololo, entre varios otros. De estos, uno de los proyectos más sobresalientes es el de ALMA, el radiotelescopio más ambicioso que se ha construido hasta la fecha. Se encuentra en el llano de Chajnantor, en la región de Atacama de Chile, a cerca de cinco mil metros sobre el nivel del mar (siendo dicho lugar el más árido del mundo). Cuenta con un total de 66 antenas de reflectores con paneles metálicos (54 de ellas de 12 metros de diámetro, y las otras 12 con 7 metros de diámetro), los cuales pueden ser repositionados a lo largo del llano, según las observaciones que se requieran, y puede tolerar diversas dificultades atmosféricas (luces intensas, temperaturas entre -20 y 20 C°, nieve, entre otros). En el ciclo inicial de observación de este observatorio participan cerca de 453 proyectos (sin contar la fase 2), entre otros.

Desde una perspectiva sociológica sobre la ciencia, recientemente se están realizando esfuerzos teóricos por integrar diversos programas de investigación para comprender las formas en que se produce conocimiento: desde cómo este se moldea en diversos procesos y situaciones, junto con la creciente relevancia cobrada por la coproducción sociomaterial y virtual. En particular, en este artículo, para abordar sociológicamente este fenómeno, se tomarán en consideración dos corrientes teóricas: la teoría de sistemas inaugurada por Niklas Luhmann (1996, 2007) y el programa investigativo de la teoría del actor-red (TAR o ANT, por su sigla en inglés: Latour, 2001, 2008). Se postula que a través de ambos marcos de referencia

se pueden realizar lecturas teórico-empíricas complementarias, de tal forma de ganar en particularidad y generalidad investigativa (Chernilo y Mascareño, 2005), para dar cuenta de cómo la valoración en la asignación de proyectos científicos se sustenta en la síntesis de lógicas virtuales, sociomaterialidad y de un régimen de control en la ciencia.

En lo que sigue, primeramente se utilizará el caso de la asignación de científicos en ALMA, de tal forma de comprender cómo se seleccionan proyectos astronómicos para producir un tipo particular de valoración en la producción de conocimiento científico. Se pone de manifiesto aquí la relevancia sociomaterial anclada en diversos recursos particulares y en las comunicaciones virtuales que participan, al considerar ciertas valoraciones de la comunidad científica, para así dar forma a ALMA como régimen de control transnacional de la ciencia. Al respecto, se pretende hacer una breve revisión teórica sobre la lógica virtual en la ciencia, los elementos empíricos sociomateriales y la noción de régimen de control.

En segundo lugar, se revisan empíricamente los diversos procesos en los que los proyectos son seleccionados para poder levantar información en el complejo astronómico, comprendiendo la forma en que se produce la asignación de científicos en ALMA, de tal forma de dilucidar un régimen de control transnacional. Por último, se entregan algunos comentarios finales.

Lógica virtual en la ciencia, sociomaterialidad y régimen de control

El estudio de la astronomía y los radiotelescopios es un tema de interés en las ciencias sociales. Distintos investigadores estudiaron este fenómeno, tanto en su dimensión histórica (Edge y Mulkay, 1976; Edge, 1977; Espinosa, 2014), los factores sociales asociados a la comunidad astronómica (Jansen et al., 2010; Heidler, 2011), y/o a través de trabajos cualitativos y etnográficos realizados en centros astronómicos (Callon et al., 2009; McCray, 2010; Barandiaran, 2015), entre otros. No obstante, existen escasas investigaciones sociológicas que hayan estudiado los procesos previos en que se seleccionan los proyectos (como la asignación de tiempo de observación en los observatorios astronómicos). Ello desafía la forma en que se comprende el conocimiento científico, dado que se entremezclan decisiones sobre las palabras (semánticas comunicativas) y el mundo de las cosas (agentes humanos y no humanos), modalidad en la que los procesos comunicativos juegan un papel fundamental en los métodos de valoración y pertinencia científica.

En el esquema sistémico de Luhmann, la comunicación corresponde a una perspectiva virtual de la sociedad-total (Nassehi, 2011), entendida esta última

como horizonte (inalcanzable correlato de las perspectivas, así como un correlato agregado de la acción) teórico de la sociedad. Al respecto, Farías (2013) señala que esta postura está en diálogo con la teoría del actor-red (TAR), en tanto forma de lo social que se origina a partir de las constelaciones de sentido constituidas en dicho plano virtual. La comunicación da cuenta de los procesos de producción de dichos sentidos, los cuales no son considerados por el 'espíritu pragmatista de la TAR', al tratarse de un proceso a primera vista intangible, inmaterial y en cierto sentido ideal.

La comunicación como perspectiva virtual corresponde a una dimensión neurálgica en la perspectiva sistémica de Luhmann (2007). Ella es la síntesis resultante de tres selecciones: información/darla-a-conocer/entenderla, en las que cada uno de estos componentes son acontecimientos contingentes, los cuales son inminentemente sociales, dado que no es posible atribuirle unidad a ninguna de las conciencias individuales, ni comprender los estados internos actuales del pensamiento de las personas. No obstante, el sentido de la comunicación puede ser aceptado/rechazado (al ser entendido/malentendido), lo cual dependerá del tiempo de enlace a otras comunicaciones (aceptado como premisa para futuras comunicaciones), produciendo estructuras de sentido (como recuerdos o expectativas).

Sin embargo, Luhmann (2007) considera que hay ciertos medios de comunicación simbólicamente generalizados que logran alcanzar concordancia social cuando la base común perdura más allá de una única situación, y esta se codifica en aceptación/rechazo. La ciencia (Luhmann, 1996), en este caso, se relaciona directamente con una forma particular de valoración, codificada como investigación verdadera/no verdadera a través de un código binario.

Dicha noción sistémica remite a diferencias lógicas en la modernidad social, basadas en diferencias entre subsistemas sociales, tal como la economía, la ciencia, la política, la religión, entre otras, perspectiva que Farías (2013) insta a considerar en la TAR, de tal forma de elaborar repertorios conceptuales que permitan dar cuenta simétricamente de los entrelazamientos empíricos de los ensamblajes particulares y los procesos virtuales de mayor abstracción.

En una línea similar, Nassehi (2011) señala que para el caso de la ciencia, las investigaciones no dependen de ningún código abstracto de verdad, sino de las condiciones prácticas de un laboratorio, en las que la situación y la praxis en dicho lugar no bastan. Ello, dado que las comunicaciones científicas no están ancladas inmediatamente a la investigación, sino que están vinculadas a un tipo de auto-descripción de la investigación en forma de publicaciones (las cuales producen los enlaces del sistema científico, vinculando publicaciones con investigaciones), usando el medio de comunicación simbólicamente generalizado de la verdad cien-

tífica, lo que posibilita la vida en el laboratorio, la plasmación en textos, resultados, tablas, presentaciones, libros, softwares, entre otros. Desde dicha perspectiva se considera, en concordancia con la TAR, que se dan asociaciones entre humanos y no-humanos (Latour, 2008), enfatizando en la dimensión sociomaterial.

Pero ello, puede ser complementado con los procesos intermedios comunicativos propuestos por Luhmann, que condensan expectativas virtuales de la sociedad como horizonte, observables por ejemplo en la forma de valoración propia de la comunidad científica. Esta propuesta fue trabajada por Ramos (2008, 2012), en un intento de integración de la teoría de Luhmann (1996, 2007), Bourdieu (2000, 2008) y Latour (2001, 2008), en la que procura sintetizar el modelo sistémico que da cuenta de la selección de acumulación de conocimiento científico en una perspectiva global, pero en el que el modelo del actor-red proveería orientaciones sobre el proceso de construcción práctica del hecho científico.

Es desde dicha perspectiva que se puede comprender la selección de proyectos para la observación astronómica, que al considerar las proposiciones de Latour (2001), se pueden dilucidar entidades que establecen contactos entre las palabras y el estado de las cosas. Estas propuestas pasan por varios filtros para que sea más legítimo el conocimiento, puesto que las intermediaciones son fundamentales para la veracidad del conocimiento científico, al permitir que las entidades modifiquen su definición en el transcurso de un acontecimiento. Además, entre más procesos transcurran, más independiente se vuelve el conocimiento, otorgándole una extensa traducción, purificación que vuelve ‘más real’ el hecho como conocimiento astronómico, el que adquiere una supuesta autonomía.

Por ello, continuando con Nassehi (2011), la codificación de la verdad como código de la ciencia hace invisible el proceso de investigación, produciendo una generalización simbólica de este medio de comunicación, como si prescindiera de la historia previa que lleva a un cierto resultado verdadero. Con ello se codifica en saber/no-saber científico, lo cual adquiere luego la forma de publicación (la cual puede ser seleccionada por científicos como antecedente de futuras publicaciones científicas).

Sin embargo, lo que se pone en juego en referencia a los laboratorios (como señala Latour) son, en el esquema de Luhmann, las organizaciones. Estas permiten la comunicación entre distintos sistemas, al sincronizar sistemas funcionalmente diferenciados e interacciones y/o praxis particulares de científicos con sus asociaciones sociomaterialmente coconstitutivas. Finalmente, con respecto a las acciones, estas son contingentes y transparentes a la observación, estableciendo formas empíricas compactas. Pero en ambos casos se aceptan los acontecimientos de los sistemas funcionales como motivos para la toma de decisiones en las organizaciones,

produciendo así formas comunicativas. En el caso de las acciones como atribución de los procesos comunicativos, estas son el resultado de autoobservaciones de los sistemas funcionales.

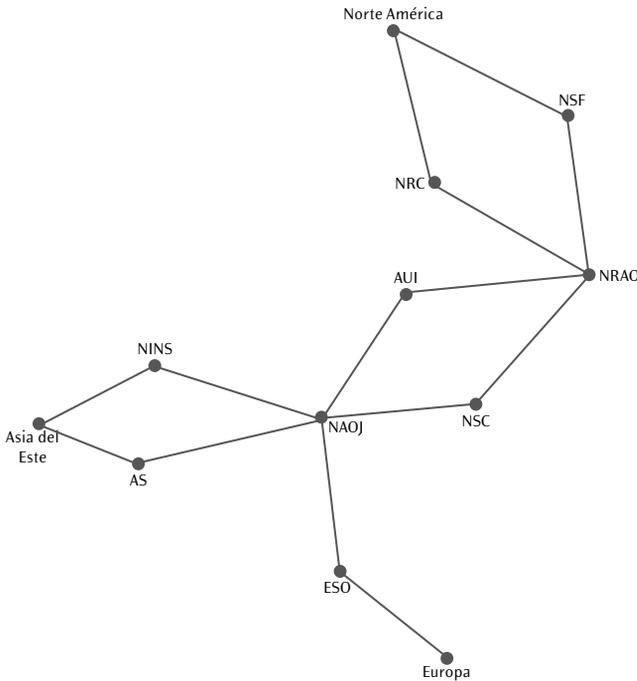
Al considerar las tipologías de organizaciones que eventualmente colaborarían en el fomento a la astronomía, campo científico en el que el laboratorio por excelencia son los observatorios astronómicos, el modelo de triple hélice propuesto por Etzkowitz y Leydesdorff (2000) permite enfatizar en la relación de interdependencia entre Estado, academia e industria. Estas tres instancias resultan relevantes para las dinámicas del conocimiento, y son, como resultado evolutivo de la sociedad, la actual forma de producir conocimiento, en la que cada hélice posee un rol fundamental: la academia corresponde a un agente encargado de la investigación, la empresa transformaría dicho conocimiento en innovación y el Estado pondría a disposición los medios financieros para asegurar que ella se pueda realizar. Con estas tres formas organizacionales y los mecanismos aparejados, es posible ganar generalidad analítica, considerando que la academia es la organización tipo del sistema de la ciencia y en la que tanto empresa como Estado colaboran a través de prestaciones sistémicas.

Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array (ALMA)

ALMA es un proyecto que surge de la cooperación internacional entre Europa, Norteamérica y Asia del Este, y Chile (ver Grafo N° 1). Fue financiado por la Organización Europea para la Investigación Astronómica en el Hemisferio Austral (ESO), así como por la Fundación Nacional de Ciencias de EE.UU. (NSF), en cooperación con el Consejo Nacional de Investigaciones de Canadá (NRC), el cual es dirigido por el Observatorio Radioastronómico Nacional (NRAO, por sus siglas en inglés de National Radio Astronomy Observatory) y operado por Associated Universities, Inc. (AUI) y el Consejo Nacional de Ciencia de Taiwán (NSC). El aporte desde Asia del Este fue canalizado a través de los Institutos Nacionales de Ciencias Naturales (NINS) de Japón, en cooperación con la Academia Sinica (AS) en Taiwán, los cuales son dirigidos por el Observatorio Astronómico Nacional de Japón (NAOJ). Junto con el financiamiento de dichos países, se puede observar el rol de diversas empresas que colaboraron para equipar tecnológicamente el proyecto. Por ejemplo, con respecto a los telescopios de ALMA, ESO se lo encargó a AEM Consortium (formado por Alcatel Alenia Space France, Alcatel Alenia Space Italy, European Industrial Engineering S.r.L, MT Aerospace), Norteamérica a Vertex RSI, y el NAOJ le comisionó los telescopios a MELCO (Mitsubishi

Electric Corporation). Estas dos hélices, a su vez, se ven sincopadas por la hélice de la academia, a través de diversas universidades que participan activamente en la organización.

Grafo N° 1: Red de instituciones involucradas en la creación de ALMA



Fuente: elaboración propia a partir de información de ALMA.

Es en este contexto de interdependencia en red de actores y organizaciones de laboratorio, en el que podemos abordar particularmente los regímenes de control (White, Fuhse, Thiemann, Buchholz, 2011), entendidos estos como dominios delimitados que acomoda a un conjunto de redes, disciplinas y estilos, de acuerdo con un perfil que es autosustentable (al igual que una institución). Sin embargo, a través de narrativas como plexo de sentido, los regímenes articulan e incrustan valores distintivos y vinculantes a lo largo de las redes sociales, entendidas estas últimas como estructuras que sustentan a la sociedad, producto del proceso de intensificación recíproca (Stichweh, 2012).

El régimen, por tanto, se vuelve institucional y adquiere formas en una extensa red, como estructura que reduce la incertidumbre en la producción de conocimiento. Al ser una dimensión temática que es delimitada, White et al. (2011,

p. 235) señalan que se producen *netdom*: patrones de vínculos (*net*) y dominios (*dom*). Asimismo, producen identidades como complejidad sincopada, o lo que los autores señalan como estilos, tales como comunidades epistémicas y mercados, entre otros (que se observan según su tipo de alcances, distribuciones, tiempo, espacio y tema). Sin embargo, en el régimen de ALMA se pueden advertir varias suborganizaciones internas, tales como el Comité Consultivo de Gestión de ALMA y el Comité Externo de Evaluación Anual de ALMA (AMAC/AAER, por su sigla en inglés), el Comité Asesor Científico de ALMA (ASAC, por su sigla en inglés), el Comité Asesor Científico Norteamericano de ALMA (ANASAC), el Comité Asesor Científico Europeo de ALMA (ESAC), el Comité Asesor Científico Asiático Oriental de ALMA (EASAC, por su sigla en inglés), entre varios otros.

Producto de lo anterior se considera que la valoración en la astronomía se corresponde con una lógica científica de autoobservación de la sociedad. Esta es empíricamente rastreable a través de los enlaces comunicativos dentro de las organizaciones, en las que a su vez se producen diversas asociaciones entre agentes humanos y no-humanos, según el nivel de emergencia que se considere y el estilo o dominio que se actualice. Aquí se puede reparar en la virtualidad y el proceso coconstitutivo de la ciencia en la sociedad.

Con respecto a la astronomía, esta puede ser caracterizada como una disciplina paradigmática, estabilizada, básica, con un conocimiento disciplinariamente delimitado, orientado a la reputación de individuos (no así colectividades), con bastante conciencia sobre las medidas bibliométricas (Heidler, 2011), y que otorga una representación prototípica de la noción de ciencia moderna, como lo ha hecho la astronomía a nivel histórico (Espinosa, 2014). Existe en la disciplina, además, una valoración hacia objetos intangibles, como el poder de controlar los recursos, las prioridades de los astrónomos y el prestigio tanto de individuos como de instituciones, los cuales son los productos más importantes para los astrónomos, de acuerdo a lo que señala McCray (2000) en su estudio sobre el observatorio Gemini en Chile.

Por otro lado, en comparación con otras disciplinas desarrolladas en Chile (Gibert, 2013), la astronomía posee los índices más altos de académicos con grado de doctor (97,1%), la que tiene el mayor porcentaje de investigadores que trabajan en la Región Metropolitana (57,1%), y es la segunda disciplina en la que los científicos obtuvieron sus grados académicos más altos después de 2001 (56,5%, superado por sociología que posee 69,3%). Además, comparada con otras dos disciplinas (biología, sociología y astronomía), se menciona en primera instancia que los valores que motivan su quehacer académico son, en primera preferencia, la producción de conocimiento (84%), luego la autorrealización (61,6%) y en tercer

lugar, en el caso de los astrónomos, su autonomía (36,7%) (los biólogos señalan la innovación como tercer valor, y los sociólogos, el humanismo).

Sin embargo, el conocimiento astronómico surge en determinados espacios de tomas de decisiones y en él participan diversos científicos que son parte de ciertas organizaciones. En lo que sigue, se intentará exponer información que da cuenta de, un régimen transnacional de regulación (Willke, 2007) astronómico, que involucra a una comunidad epistemológica altamente globalizada y compleja. Para ello se rastreará el proceso de selección de propuestas para realizar observaciones en ALMA y se describirá algunas formas de toma de decisiones involucrados para estandarizar las propuestas de observación, en las que se advierten un dominio propio de la ciencia, anclado en elementos mundanos y locales.

Metodología

Para la recolección de información sobre el proceso de selección de propuestas para realizar observaciones en ALMA, se utilizaron principalmente fuentes secundarias y subsidiariamente entrevistas en profundidad (semiestructuradas) a astrofísicos que pertenecieron a alguno de los paneles de los ALMA Review Panels (ARP) que residen en Chile, en su calidad de científicos con afiliación institucional, accesibles y dispuestos a participar en la investigación. Esto, dado que el comité chileno es muy pequeño (compuesto por solo nueve personas), al igual que la comunidad astronómica (López et al., 2005; Gibert, 2011).

Los astrofísicos fueron entrevistados en su lugar de trabajo o en algún lugar previamente acordado, dispusieron de una carta de consentimiento informado (la cual fue leída con anterioridad a la entrevista), y cada entrevista no duró más allá de una hora y media.² Se utilizó los ARP como un estudio de caso, de tal forma de expandir y generalizar principios teóricos de forma analítica (Yin, 2009). Por ello, los resultados no pretenden ser generalizables a la comunidad astronómica, sino que tienen una pretensión heurística respecto de la comprensión de la forma de valoración de los proyectos científicos.

No obstante lo anterior, las principales fuentes de información son particularmente fuentes secundarias, que se resumen principalmente en los siguientes documentos: el Summary of ALMA cycle 0, ALMA Cycle 1 Propser's Guide,

² Estos resultados son parte de una investigación que está en curso en el marco del Núcleo de Investigación Actor-Network Theory (N-ANT) de la revista *Contenido. Cultura y Ciencias Sociales*. Por ello, aquí se utilizaron tan solo tres entrevistas que fueron de utilidad para clarificar la asignación de proyectos. No obstante, el proyecto contempla aproximadamente 30 entrevistas a astrónomos en Chile.

ALMA Cycle 2 Proposer's Guide, ALMA Early Science Cycle 1: Outcome of the Proposal Review Process³ y The NOAO Call for Proposals: Semester 2014A: Covering the Observing Time Period from 1 February 2014-31 July 2014.⁴

Por último, se consideran los casos del National Astronomy and Ionosphere Center (Arecibo Observatory de Puerto Rico), el Subaru Telescope, National Astronomical Observatory (de Japón) y el Neatherlands Institute for Radio Astronomy (ASTRON, Países Bajos), para realizar algunas comparaciones.

El análisis de la información consistió en reconstruir descriptivamente el proceso narrativo de asignación de proyectos, rastreando el orden lógico temporal, utilizando fuentes secundarias y primarias de información.

Resultados

Las entidades colectivas que participan de este proceso son los llamados ALMA's Proposal Review Committe (APRC) y los ARP, instancias en las que participan científicos que representan a los diversos socios miembros: Chile como país anfitrión, y Asia del Este, Europa y Norteamérica (Estados Unidos y Canadá) como socios del proyecto. Dichos científicos poseen una forma de valoración que da cuenta de una comunidad epistemológica y un régimen de control en la generación de conocimiento astronómico.

La asignación de tiempo de observación para un científico en ALMA (según cada ciclo de observación, los cuales duran aproximadamente diez meses cada uno) varía según la contribución financiera de los socios del observatorio. El 10% del total del tiempo de observación se entregó a Chile por ser país anfitrión, mientras que Asia del Este quedó con un 22,5%, Europa con 33,75% y Norteamérica con 33,75%.

Para adentrarnos en la forma en que se distribuyen los tiempos de observación en ALMA, se hace necesario describir y entender los ciclos de observación que se contemplan. He aquí los casos de ciclos anteriores y sus respectivos plazos de observación y los proyectos involucrados, que datan de 2011 a 2013. El ciclo 0 de

³ Esta información está disponible en: <http://almascience.org/>, Ahí es posible encontrar los documentos necesarios para poder postular al tiempo de observación, junto con entregar información sobre el ciclo inicial de observación. Se decidió utilizar el ALMA Cycle 1 Propser's Guide, dado que es la última versión disponible, sin cambios significativos del Cyclo 0 (los cambios son en función de cantidades de propuestas, mesas, entre otros). Para una versión resumida de esta información, visitar: <http://www.almaobservatory.org/es/sobre-alma/como-funciona-alma/observando-con-alma>.

⁴ Información disponible en: <http://ast.noao.edu/observing/proposal-info>.

observación comenzó el 30 de septiembre de 2011 y se extendió hasta septiembre de 2012 (aunque en un inicio iba a finalizar el 31 de agosto de 2012, sin tiempo de observación en febrero 2012, pero dado el clima, se extendió el tiempo de observación), con cerca de 800 horas de observación, con un total de 919 propuestas presentadas, siendo aceptadas 113 de ellas de 'mayor prioridad' (*High Priority*) y 51 proyectos de 'relleno' (*Filler*). De estos proyectos, se realizaron cuatro categorías prioritarias, asignadas por ASAC: cosmología, galaxias, ISM (Medio Interestelar) y evolución estelar.

En segundo lugar, las propuestas del ciclo 1 de observación fueron recibidas hasta el día 12 de julio de 2012. Llegaron 1.131 propuestas válidas para asignar tiempo de observación, de las cuales 197 fueron consideradas como de mayor prioridad (800 horas) y 92 de ellas fueron relleno (400 horas). Con el fin de evaluar las diversas propuestas, estas fueron categorizadas en cinco áreas prioritarias de ALMA con 11 paneles de revisión, más conocidos como ARP, siendo estas áreas: la cosmología y el universo muy lejano (dos paneles); las galaxias y sus núcleos (tres paneles); el medio interestelar, la formación de estrellas y la astroquímica (tres paneles); los exoplanetas, los discos alrededor de las estrellas y el sistema solar (dos paneles); además de la evolución de las estrellas y el sol (un panel). Cada uno de los científicos asesores de los paneles fueron seleccionados por su experticia, tomando en consideración una cantidad equivalente por región.

En tercer lugar, las propuestas del ciclo 2 de observación fueron recibidas hasta el 5 de diciembre de 2013. Llegaron 1.382 propuestas, además de recibir 24 propuestas Oportunidad de objetivos (ToO) (*Target of Opportunity*), las cuales involucraban a un total de 1.049 investigadores principales individuales y 3.408 grupos de científicos (entre investigadores principales y coinvestigadores). La división por bandas de observación se asignó a través de los siguientes porcentajes: 25% (banda 3), 5% (banda 4), 29% (banda 6), 32% (banda 7), 4% (banda 8) y 5% (banda 9). Además, estas fueron divididas en cinco categorías: cosmología y universo de alto corrimiento al rojo (21%); galaxias y núcleo galáctico (26%); el medio interestelar, la formación de estrellas y la astroquímica (26%); los exoplanetas, los discos alrededor de las estrellas y el sistema solar (18%) y la evolución de las estrellas y el sol (9%). Las propuestas también se dividieron por región: NA (Norteamérica): 30%, EU (Europa): 41%, EA (Asia del Este): 20%, CL (Chile): 7% y 'No-ALMA': 3%.

En lo que respecta a las distintas áreas prioritarias, estas son asignadas por ASAC, comité que estructura los paneles de discusión de los distintos comités científicos evaluadores y asigna los primeros criterios de calidad. De dichos encuentros se extrae finalmente una lista de proyectos, los cuales corresponden a objetivos

científicos determinados, un equipo científico compuesto por un investigador responsable (PI) y coinvestigadores (Co-I), que luego se coordinarán con asesores técnicos de ALMA y con un científico de contacto de ALMA, quien permitirá el vínculo entre el proyecto y el observatorio.

Los ARP (distribuidos de forma proporcional a las regiones miembro de ALMA) contribuyeron al APRC, junto a Françoise Combes (Neal Evans fue en el ciclo 0 y Françoise fue vicepresidenta de mesa en dicho ciclo), quien era el 'APRC Chair' y quien no participó en ningún ARP. Estas instancias organizacionales designan y evalúan la totalidad de los proyectos, en los que las regiones se ven representadas, se parlamenta, se organizan comités de expertos y la comunidad científica despliega su experticia.

Cada propuesta es evaluada por cuatro asesores científicos, quienes asignan cada uno una nota de la propuesta: el promedio aritmético simple se convierte en la nota de la propuesta. Por cada ARP se hace un ranking único, y tan solo el 70% superior procede a una segunda etapa. Además las propuestas pueden dividirse en tres tipos: estándar, Oportunidad de Objetivos (ToO por su sigla en inglés) y Tiempo Discrecional del Director (DDT por su sigla en inglés). Los ToO corresponden a objetivos que pueden ser anticipados, pero no especificados.

Solo unos pocos proyectos podrán estar en los puntajes altos del ranking, y cuentan con un máximo de tres semanas de ejecución, mientras que los DDT son proyectos que poseen un trato especial: pueden ser admitidos en cualquier momento durante los ciclos de ciencia inicial para ser implementados. No obstante, tienen que poseer una de las siguientes categorías: a) propuesta que requiere una observación inmediata (tres semanas después de ser aprobado) de un evento astronómico repentino e inesperado (como por ejemplo: supernovas); b) requerimiento de propuestas de un tema de gran competitividad científica, desarrollado con posterioridad al tiempo límite de propuestas; c) propuestas que soliciten seguimiento de un programa recientemente conducido por ALMA u otra observación, en la que se requiera una implementación rápida para proveer resultados importantes. Estas propuestas pueden ser aprobadas por el director de ALMA, bajo el consejo de un comité pequeño de revisores, con miembros del Joint ALMA Observatory (JAO) y las cuatro regiones, nombrado por el director ejecutivo y Chile. La valoración científica deberá basarse en los mismos criterios que los proyectos estándares y las propuestas ToO. Tan solo las primeras propuestas son evaluadas por ARP, las demás dependen del ASAC.

Al momento de consultar a un evaluador sobre criterios estandarizados para asignar nota a las propuestas, este señaló que se les entregaba una pauta de recomendación. En sus palabras:

Obviamente hay un proceso muy individual. Nosotros recibimos una lista con notas escritas [...], señalando que esta propuesta no es posible [...] de realizar porque tiene un error que es fatal, que no se puede poner en el telescopio; por ejemplo, esto es la nota súper baja, las más bajas. Después de esto hay un ranking donde está: “sí, buena, pero no tan importante, pero se podría ver”, más arriba “es buena, debería realizarse”, más arriba es “fantástico” y más arriba es “excelente, necesitamos esto, ahora, ‘altiro’”. Eso es un ranking, una proposición. (Astrofísico 1 de ARP)

Al preguntarle a otro astrónomo, este señaló que:

Yo solamente pongo notas, digo las explicaciones de por qué puse esa nota, me junto en un comité una vez al año con toda la gente del comité que me toca a mí para las propuestas que me tocaron (sic). Vamos viendo los proyectos uno por uno y vamos viendo los proyectos que tienen mucha dispersión: por qué está la dispersión, qué es lo que entendimos, qué es lo que no entendimos algunos. O a su vez, si está muy pareja la nota del proyecto, entonces, cae por su propio peso y de ahí se hace una lista de prioridades y nosotros entregamos esa lista de prioridades a los otros comités y ahí se barajan todas las propuestas. (Astrofísico 2 de ARP)

Es en esta fase cuando se asigna una línea divisoria entre la preparación de propuestas y de registro (que son evaluadas) y la planeación de la observación (una vez seleccionadas). Para ALMA, aquel recurso que permite una comparación entre las distintas propuestas es un *applet* de Java. Dicho dispositivo es utilizado por los miembros de los ARP para evaluar las distintas propuestas. Este dispositivo se maneja a través de códigos computacionales que configuran un tipo de lenguaje virtual, que requiere cierta competencia previa al momento de su uso.

Al preguntarle a uno de los astrónomos sobre la forma en que se coordinaban los distintos científicos asesores, narró que:

el primer paso es que tú recibes una time line de evaluación de proposal con un package de proposal en tu panel y toda esta comunicación se hace por e-mail. [...] después de eso estamos enviando los rankings, las notas em... de una forma, de una página web que es un Java applet y se suben los grades, y después de eso todo funciona en forma electrónica, obviamente, por internet, hasta [que] todas las personas terminan las actividades y se

puede calcular un promedio, un standar desviation y se decide dónde se asigna [la línea de corte] de las propuestas que no vamos a evaluar, no vamos a hablar en el tag meeting, y hasta ese tag meeting no se tiene contacto directo con personas, con otros panels members o con el director of ALMA attack. (Astrofísico 1 de ARP)

Posteriormente, al indagar con más profundidad en las características del dispositivo, dicho científico señaló que:

Tenemos este Java applet; es como una página web en donde tienes toda un summary de las propuestas de títulos, de PI [investigadores principales], de tiempo que pide, sí, información básica en principio. Esto ayuda mucho para tener un overview [de] qué es mejor, qué es peor, o qué tan, tan fantástico es cada propuesta [...]. Cada persona, cada miembro de un panel pone una nota, o entra una nota por este Java applet; y este Java applet envía estas notas a ESO. Y ESO recolecta toda la información, y pone, saca el promedio de todas estas notas. Por lo general, en el último proceso de ALMA attack, todos estamos más o menos de acuerdo, ¿ya?, cómo una propuesta está en forma de calidad. (Astrofísico de ARP)

En una segunda etapa, los científicos se juntan de forma copresencial en Santiago (para el ciclo 2 fue Toronto) para discutir todas las propuestas que aún quedan consideradas, y a través de un voto secreto en urna se asigna un promedio y en paralelo se entrega una evaluación escrita, de la que se vuelve a hacer un *ranking* con todas las propuestas. Aparentemente, como se señaló antes, este es uno de los momentos más cruciales (en donde se entremezcla la dimensión intelectual y emocional). Inmediatamente hecho el *ranking*, los 11 paneles (ARP), junto a APROC, se vuelven a juntar y revisan que no existan duplicaciones en las observaciones (proyectos que potencialmente puedan replicar datos o resultados obtenidos en otra propuesta).

Con tal de indagar en posibles atributos que podrían haber influenciado en la selección de propuestas, el mismo astrofísico anterior señaló que:

Desde mi perspectiva sería un error fatal para la ciencia. Porque si no vamos a dar opciones a investigadores jóvenes [...] esto va a cortar el progreso de la ciencia en general. Entonces, no deberíamos ver de dónde vamos [venimos] o de dónde llegamos, pero adónde vamos y qué ideas. Las ideas centrales y fundamentales de una propuesta es lo más importante que debería contar,

es lo más importante en este proceso, y creo que muchos colegas piensan algo parecido. Normalmente, los top 10% son súper claros y van directamente al telescopio. (Astrofísico 1 de ARP)

O tal como señaló otro astrofísico:

Yo creo que... lo de las trayectorias pueden jugar un papel secundario, pero no es lo básico [...] Pero no hay criterios globales, hay criterios personales que yo podría tener: lo primero es la importancia del proyecto en el contexto global de la astronomía, de la ciencia, e... que el problema sea interesante y trascienda un poquito el proyecto, que dé respuesta a una pregunta un poco más global. Eso sería como un criterio. El otro criterio es que realmente sea algo que se pueda hacer solamente con ese telescopio, dado que es el único de ese tipo; entonces, si se puede hacer con otro telescopio, tal vez... y la presión no es mucha, entonces convenga hacerlo con otro telescopio. Después que sea un objeto observable geográficamente desde la latitud de 24° que tiene el observatorio, o sea, que no sea un objeto que está al otro lado del Polo Norte, porque la verdad, no se puede observar, sino que sea observable desde el sur y característico. En general, que enriquezca la astronomía, que cumpla las condiciones de ser posible de observar solo con ese telescopio, y solo desde ese lugar. (Astrofísico 2 de ARP)

Estos elementos son de gran relevancia en relación con algunas de las cualidades que valora la comunidad astronómica (McCray, 2000). Aquí se puede observar, en palabras de algunos astrofísicos, cómo existe una noción de ciencia como remisión a las comunicaciones universales de la ciencia, más allá de las características particularistas de los científicos. Teóricamente, se juega en esta deliberación el código de verdad (Luhmann, 2007) como expectativa sobre los proyectos.

Intentando clarificar si el tiempo de observación es restringido por los evaluadores, un astrofísico señaló que:

No. La propuesta es como esta, escrita, el programa, debemos poner un rank de una propuesta como el PI, el investigador principal lo realizó en su programa y en su cabeza, no vamos a cambiar la propuesta porque vamos a cambiar finalmente la ciencia. El science goal va a redefinirse y eso no sería justo por las propuestas, por las otras propuestas. Si vamos a cambiar una propuesta, necesitaríamos cambiar todas las propuestas como nosotros consideramos mejor. Pero esto sería mucho trabajo, con montón de problemas

éticos muy graves. ¿Por qué tú vas a definir la ciencia de astronomía en general? Esto no es el propósito de un tag. (Astrofísico 1 de ARP)

En otras palabras, toda la designación anteriormente señalada constituye un *ranking*. Ello obedece a un concurso que produce una clasificación de calificaciones, no restringida a un nivel nacional, que permite comparar los proyectos, invirtiendo en propuestas ‘menos riesgosas’, en las que lo cualitativo se vuelve cuantitativo y en las que se asigna un ‘valor’ con criterios científicos. Luego el Directors’ Council y los representantes de Chile aprueban los programas científicos utilizando el *ranking* y tomando en consideración la factibilidad técnica desarrollada por los miembros del equipo de ALMA y la parte nominal de tiempo de cada región miembro. Este es el último eslabón para pasar a otros procesos, en los que se observan los proyectos seleccionados, que luego son parte de un nodo más de la red ALMA, observables en los medios oficiales de difusión.

Es interesante señalar que los técnicos de ALMA son los encargados de contactarse con los investigadores del proyecto, de tal forma de realizar el libreto de propuestas para enviar luego la información a los científicos. Esto quiere decir que en ningún momento los astrofísicos levantan directamente la información, sino que esta corresponde a una serie de procesos estandarizados, de calibración de las máquinas, de utilización especializada de ciertos softwares de procesamientos de información, que a su vez están conectados con ciertas bandas que reciben ciertas frecuencias, entre tantos otros procedimientos altamente complejos y ‘cajanegridados’ (ocultos) para los legos y quienes no son parte del complejo astronómico. En palabras de un miembro de ALMA:

Al adquirir mayor tecnología, requiere como un..., cómo se llama, se requiere de un instrumento mucho más complejo de manejar. Que como te decía antes, tiene un montón de gente relacionada con muy distintas áreas, especialmente de ingeniería y computación, o sea tenemos que manejar todos estos instrumentos... es cada vez más complejo. Así es como la ciencia se ha ido especializando más, y para llegar más lejos entonces se necesitan instrumentos más potentes, por eso necesitan tener una capacidad de punta, y para poder usar esa tecnología, necesitas personas que sepan usarla, o que sepa muy bien qué está pasando; la física que está detrás o la ingeniería que está detrás, entonces se necesita un equipo que sepa hacer eso, que se enfoque en eso. Por eso, a medida que un astrónomo hace ciencia, no sé po’, que está buscando, está estudiando galaxia de alto redshift, viendo la estructura de alta escala del universo, buscando planetas [...] entonces, lo que se hace

actualmente, nosotros, las personas... a esta altura esta empresa es la que produce los datos a pedido digamos. (Funcionario de ALMA)

Mediante el testimonio anterior podemos apreciar cómo la tecnología y la construcción de conocimiento se encuentra entrelazada en la relación de humanos con no humanos (Latour, 2001, 2008; Nassehi, 2011). Es ahí donde ambas instancias se presuponen y se coproducen (Ramos, 2008, 2012) para producir el conocimiento astronómico posteriormente.

Estas experiencias son similares a otras instancias de asignación de tiempo de observación en otros centros astronómicos. He ahí el caso del National Optical Astronomy Observatory (NOAO), para utilizar los tiempos del observatorio Gemini, CTIO y KPNO, en donde se asignan entre uno a siete comités (Time Allocation Commitee, TAC), instancias que poseen cerca de cinco miembros, más un miembro sin derecho a votar, quienes confeccionan un *ranking* que luego se discute en un encuentro, el que posteriormente se resume en una sola lista.

Otras instancias, como la utilizada por el NOAO, explicitan algunos criterios, tales como: la relevancia e importancia en áreas de especialización o la relevancia en el contexto de la amplia investigación astronómica; el diseño para alcanzar objetivos científicos; la relevancia de la observación para completar el proyecto; la probabilidad de completar y publicar sus resultados utilizando adecuadamente los recursos puestos a disposición; y finalmente, los impactos más allá de la investigación propuesta (por ejemplo, en términos educacionales, o políticos, o científicos).

Un proceso similar realiza el Arecibo Observatory de Puerto Rico,⁵ organismo que pide realizar una revisión anónima de expertos en el campo de estudio, para que luego un comité científico (Arecibo Scheduling Advisory Committee) realice un *ranking* con las propuestas, divididas en cuatro categorías: A, B, C, o D, respecto de las cuales el director tiene la última palabra. En este caso, al igual que en ALMA, los proyectos se clasifican en distintos tipos (para este caso seis: propuesta regular, propuesta corta, propuesta urgente, tiempo destinado del director, propuestas comensales, propuestas largas).

Otro caso parecido a los anteriores es el del Subaru Telescope, National Astronomical Observatory de Japón,⁶ el que también acude a revisores para evaluar propuestas que distingan entre los siguientes criterios: relevancia científica/originalidad, claridad de la justificación científica, factibilidad de conseguir la meta propuesta y capacidad del uso del telescopio. Para este caso, Japón dispone de un

⁵ Extraído de: <http://www.naic.edu/~astro/proposals/proposal.shtml>.

⁶ Extraído de: <http://www.naoj.org/Observing/Proposals/Submit/policy.html>.

65% del total de las noches, restringiendo el acceso a científicos no japoneses. Al igual que en los casos anteriores, se dispone de políticas de ToO (Oportunidad de objetivos).

Todos estos ejemplos nos permiten suponer ciertos criterios comunes al momento de asignar tiempos de observación a propuestas de investigación astronómica. Estos casos sirven para constatar la estabilidad en el régimen, el cual posee criterios de control propios de la astronomía, ya sea desde la forma en que se elaboran las propuestas (con ciertos formatos, softwares específicos, detalles técnicos para entregar información clara al equipo técnico, tiempo necesario de observación, justificación científica de la pertinencia y relevancia de la propuesta, entre otros) hasta las instancias de corrección (a través de revisiones de expertos y diversos comités científicos). Todo ese circuito del régimen permite poder realizar investigaciones astronómicas.

Comentarios finales

Entre algunos elementos o dispositivos que pueden considerarse en la asignación de proyectos de observación en los observatorios astronómicos se cuentan: una lista de proyectos, el papel subsidiario que ayuda a evaluar (componente cualitativo) y el *applet* de Java (como agente sociotécnico principal), sintetizado luego en un *ranking* único (componente cuantitativo que estandariza y enmarca los proyectos), como componente interobjetual de la relación social.

Sin embargo, a un nivel de relato, se puede observar una forma de valoración de los proyectos. Estos corresponden a la valoración epistémica en el marco de la clausura referencial de la astronomía ('cajanegrizada' en las diversas agencias calculadoras), con cualidades transnacionales, que permiten 'identificar claramente' los *top ten* del *ranking*. Lo anterior forma parte de los criterios que aplican una comunidad de científicos, cuyos intereses particulares se abocan a comprender los orígenes cósmicos del universo, insertos en una lógica de competencia entre proyectos cuyo fin es realizar 'de mejor forma' dicha tarea. Concuerta, en parte, con lo que McCray (2000) ha señalado como una valoración particular de la astronomía como código de verdad (Luhmann, 2007) en la ciencia.

Estas cualidades son el resultado de diversos procesos, realizados en distintas instancias, los que adoptan diversas formas de valoración. Tipológicamente podrían diferenciarse como un tipo de 'valoración marginal', cuando el individuo califica el proyecto de forma aislada, para luego producir un tipo de 'valoración deliberativa', al momento de discutir en los paneles la calidad de los proyectos, para

finalmente poseer un tipo de ‘valoración conjunta’ (de índole democrático), que se sintetiza en una nota común que posteriormente es parte de un *ranking* único, en el que las demás instancias se vuelven invisibles, generando así la ficción de una autonomía científica, sin poder observar si es que allí se generaron fricciones, controversias, criterios extracientíficos, entre tantos otros criterios posibles. Este proceso se concretiza en una nota, cuya mensuración hace comparable lo que cualitativamente es diferente.

Tanto la dimensión interobjetual como los relatos ejemplifican cómo la valoración en la asignación de proyectos científicos se sustenta en la síntesis de lógicas virtuales, sociomaterialidad y en un régimen de control en la ciencia. Tal como antes se señaló, dentro de la valoración científica predomina un ideal propio de la lógica científica, a través de autodescripciones del sistema de la ciencia que utilizan semánticas como acumulación de conocimiento (que obedecen al código de verdad comunicativa). Sin embargo, el proceso deliberativo es asistido por asociaciones sociomateriales, ya sea entre *java apps*, *rankings*, científicos, entre varios otros, los que permiten tematizar la coproducción humana y no humana del conocimiento.

ALMA es el mayor proyecto astronómico que existe, liderado por una organización internacional en la que distintos países miembros colaboran financieramente con dicho proyecto. Cuenta con tecnología avanzada especialmente desarrollada para esta iniciativa, ligada a consorcios dedicados a la astronomía. La asignación de tiempos de observación en este observatorio se delega a expertos predominantemente vinculados a universidades de alrededor de todo el mundo para que a través de diversas instancias de tomas de decisiones se asignen proyectos para que levanten información, los cuales posteriormente se concretizan a través de las tecnologías disponibles en el observatorio.

Considerando dicha relación, aún genérica, podemos apreciar su coherencia con el modelo de triple hélice: Estado-academia-empresa, el cual permitiría comprender de mejor forma la estructura en redes de actores y organizaciones bajo la cual el telescopio opera, tematizando diversos estilos dentro de esta red como mecanismo de la sociedad mundial (Stichweh, 2012). Este tipo de estructura debiera investigarse con mayor detención.

Tal como se señaló, hay varios regímenes que actúan en diversas redes, las cuales obedecen muchas veces a estilos distintos que quedan invisibilizados. Los regímenes de control logran una gran capacidad de generalización, que son el resultado de procesos particulares de conformación. Para este caso, se ha investigado ALMA como un régimen de control científico que jerarquiza las suborganizaciones de su interior, tal como se puede apreciar a través del ASAC, APRC y el ARP, instancia esta última que se divide en varios paneles en los que participan diversos científicos

revisores, junto con distinguir entre tipos de proyectos: Oportunidad de objetivos (ToO), Tiempo Discrecional del Directo (DDT) y los proyectos estándares.

Con esta institucionalización y delimitación de un dominio interno de la organización se conforma un régimen de control de una comunidad astronómica, la cual posee estructuras similares en otros lugares, produciendo así ciertos marcos valorativos para la producción de conocimiento, y conformando un régimen global de la comunidad astronómica que se sustenta sociomaterialmente en objetos triviales que intermedian las relaciones sociales que aquí han quedado 'cajanegrizadas' y que instan a ser consideradas por próximas investigaciones.

Recibido julio 30, 2015
Aceptado septiembre 13, 2015

Referencias bibliográficas

- Barandiaran, J. (2015). Reaching for the Stars? Astronomy and Growth in Chile. *Minerva*, 53 (2), 141-164.
- Bourdieu, P. (2000). *Los usos sociales de la ciencia*. Buenos Aires: Nueva Visión.
- Bourdieu, P. (2008). *Homo academicus*. Buenos Aires: Siglo Veintiuno.
- Callon, M., Lascoumes, P., Barthe, Y. (2009). *Acting in an Uncertain World: An Essay on Technical Democracy*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Chernilo, D., Mascareño, A. (2005). Universalismo, particularismo y sociedad mundial: obstáculos y perspectivas en la sociología en América Latina. *Persona y Sociedad* 19 (3), 17-45.
- Edge, D. (1977). The Sociology of Innovation in Modern Astronomy. *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society* 18, 326-339.
- Edge, D. O., Mulkay, M. J. (1976). *Astronomy Transformed. The Emergence of Radio Astronomy in Britain*. New York: Wiley.
- Espinosa, A. (2014). Diferenciación de la astronomía: autodescripciones y concepción heliocéntrica en el horizonte de la sociedad mundial. *Revista Mad* 31, 60-72.
- Fariás, I. (2013). La diferenciación de los colectivos: ensamblajes, comunicaciones y simetría total. En F. Tirado y D. López (eds.), *Teoría del actor-red más allá de los estudios de ciencia y tecnología* (pp. 301-330). Barcelona: Amentia.
- Gibert, J. (2011). La construcción social del científico: notas sobre identidad intelectual y social de comunidades científicas en Chile. *Estudios Sociales* 119, 169-206.
- _____ (2013). Panorama de la estructura y dinámica de la comunidad científica en Chile. En G. Baigorrotegui, S. Jiménez, y M. Palacio (eds.), *Estudios de ciencia, tecnología y sociedad en América Latina. Balances y perspectivas* (pp. 39-80). Medellín: Fondo Editorial ITM.

- Heidler, R. (2011). Cognitive and Social Structure of the Elite Collaboration Network of Astrophysics: A Case Study on Shifting Network Structures. *Minerva* 49 (4), 461-488.
- Jansen, D., Görtz, R. Von, Heidler, R. (2010). Knowledge Production and the Structure of Collaboration Networks in Two Scientific Fields. *Scientometrics* 83 (1), 219-241.
- Latour, B. (2001). *La esperanza de Pandora: ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*. Gedisa: España.
- (2008). *Reensamblar lo social: una introducción a la teoría del actor-red*. Manantial: Buenos Aires.
- Leydesdorff, L., Ertzkowitz, H. (2000). The Dynamics of Innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of University-Industry-Government relations. *Research Policy* 29, 109-123.
- López, S., Hamuy, M., Barrientos, L. F., Maza, J., Ruiz, M. T. (2005). Astronomía. En J. E. Allende, J. Babul, S. Martínez, y T. Ureta (eds.), *Análisis y proyecciones de la ciencia chilena 2005* (pp. 239-260). Santiago: Academia Chilena de Ciencias, Consejo de Sociedades Científicas de Chile, Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología (Conicyt).
- Luhmann, N. (1996). *La ciencia de la sociedad*. México D.F.: Universidad Iberoamericana.
- (2007). *La sociedad de la sociedad*. México D.F.: Herder.
- McCray, W. P. (2000). Large Telescopes and the Moral Economy of Recent Astronomy. *Social Studies of Science* 30 (5), 685-711.
- Nassehi, A. (2011). La teoría de la diferenciación funcional en el horizonte de sus críticas. *Revista Mad* 24, 1-29.
- Ramos, C. (2008). ¿Sistema, campo de lucha o red de traducciones y asociaciones? Tres modelos para investigar la ciencia social y un intento de integración. *Persona y Sociedad* 22 (2), 9-52.
- (2012). *El ensamblaje de ciencia social y sociedad: Conocimiento científico, gobierno de las conductas y producción de lo social*. Santiago: Universidad Alberto Hurtado.
- SCIMAGO (2013). *Principales indicadores cuantitativos de la actividad chilena 2011*. Madrid-Valparaíso: SCIMAGO Lab.
- Stichweh, R. (2012). En torno a la génesis de la sociedad mundial: innovaciones y mecanismos. *Revista Mad* 26, 1-16.
- White, H., Fuhse, J., Thiemann, M., Buccholz, L. (2011). Redes y sentido: estilos e intercambios, 225-244. En I. Farías y J. Ossandón (eds.), *Comunicaciones, semánticas y redes: Usos y desviaciones de la sociología de Niklas Luhmann*. México D. F.: Universidad Iberoamericana.
- Willke, H. (2007). Capacidad de rendimiento del Estado y la necesidad de nuevas formas de *governance*. *Persona y Sociedad* 21 (2), 9-16.
- Yin, R. (2009). *Case Study Research: Design and Methods*. London: SAGE Publications.