RIDAA
Repositorio Institucional
Digital de Acceso Abierto de la
Universidad Nacional de Quilmes

Universidad
Nacional
de Quilmes

Arellano Hernández, Antonio

Reconfigurando el dominio de la litotripsia extracorporal : interdisciplina, objeto-frontera y traducción

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.
Atribución - No Comercial - Sin Obra Derivada 2.5
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/

Documento descargado de RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes de la Universidad Nacional de Quilmes

Cita recomendada:
Arellano Hernández, A. (2012). Reconfigurando el dominio de la litotripsia extracorporal: interdisciplina, objeto-frontera y traducción Redes: Revista de estudios sociales de la ciencia, 18 (34), 25-58. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/695

Puede encontrar éste y otros documentos en: https://ridaa.unq.edu.ar

Universidad Nacional de Quilmes
Roque Sáenz Peña 352 // Bernal
Buenos Aires // Argentina
t.: (+41 11) 4365 7100
f.: (+54 11) 4365 7101
info@unq.edu.ar

RECONFIGURANDO EL DOMINIO DE LA LITOTRIPSIA EXTRACORPORAL: INTERDISCIPLINA, OBJETO-FRONTERA Y TRADUCCIÓN

Antonio Arellano Hernández[*]

RESUMEN

El presente artículo interroga la reconfiguración de la producción colegiada de conocimientos tecnocientíficos entre dos equipos de investigación de campos disciplinares distintos: la física y la medicina. En este trabajo se realiza un estudio del caso etnográfico de la litotripsia extracorporal del cual se presentan los resultados en sus dimensiones conceptual y metodológica, movilizando: los discursos epistemológicos y normativos sobre la interdisciplinariedad, la noción de objeto-frontera y la noción de traducción introducida para el estudio de la ciencia tal como se hace. El artículo se centra particularmente en las prácticas y la integración tecnocognitiva de una disciplina a la otra.

PALABRAS CLAVE: INTERDISCIPLINARIEDAD – ANTROPOLOGÍA – OBJETO-FRONTERA – LITOTRIPSIA EXTRACORPORAL.

[*] Profesor-investigador del Instituto de Estudios sobre la Universidad, Universidad Autónoma del Estado de México. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores II y miembro de la Academia Mexicana de Ciencias. Correo electrónico: <aah@uaemex.mx>.

La investigación que aquí se presenta fue posible gracias al financiamiento del CONACYT al proyecto "Etnografía de la investigación de la física aplicada en México: el caso de la Red Sociotécnica asociada al Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada de la UNAM" (clave S41385). Laura María Morales Navarro participó como becaria de este proyecto y en la preparación del presente documento. El autor agradece la lectura crítica de Dominique Vinck y León Arellano Lechuga, quienes permitieron mejorar la argumentación del texto, así como la lectura de afinación de Carmen Aguilera Padilla.

PRESENTACIÓN

En general, los estudios de laboratorio han seguido tres líneas de estudio, aquellos que intentan comprender el funcionamiento mismo de los laboratorios (Louvel, 2005; Zarama y Vinck, 2006) y la elaboración tecnocognoscitiva –de hechos científicos, de validez, argumentación, eficiencia tecnológica, etc.– (Latour y Woolgar, 1979; Knorr-Cetina, 1981; Lynch, 1985), otros que utilizan las observaciones de laboratorio para ilustrar empíricamente diferentes problemáticas de la reconstrucción del mundo contemporáneo, como la digitalización (De Kerckhove, 2000), microtecnologías y nanotecnologías (Vinck, 2007), "cyborgización" (Haraway, 1995), "biomolecularización" (Jasanoff, 2006), etc. y, finalmente, otros que exploran de manera empírica aspectos orientados a la sociología del conocimiento científico y la filosofía de la ciencia (Hess, 2007). Obviamente, estas líneas de estudio no son puras e infranqueables sino que corresponden a los rasgos principales de sus características conceptuales y epistemológicas, ni siquiera puede hablarse de investigadores o de equipos de investigación especializados en alguna de estas líneas. Para nosotros, las dos últimas líneas son las de mayor interés pues se emparentan con la convocatoria empírica de Lynch, según la cual es pertinente abordar temas conceptuales y epistemológicos con métodos empíricos y que, en sus palabras, se acuñó como la propuesta de: "Investigar tópicos familiares de la filosofía y epistemología de la ciencia de modo empírico" (Lynch y McNally, 2006). En este último sentido, me interesa investigar el tópico de la reconfiguración del trabajo colaborativo tecnocientífico como un asunto epistemológico indagado etnográficamente.

El problema de estudio de la reconfiguración de la colaboración tecnocientífica ha sido un tópico recurrente en los estudios sociales de ciencias y técnicas, puesto que se encuentra en uno de los centros explicativos de la sociabilización del conocimiento y tiene múltiples presentaciones, algunas de las cuales son: el plano institucional, bajo el rubro de cooperación (Merton, 1973); sociológica, bajo el término de contribución cognoscitiva controversial a una colectividad de investigación (Bloor, 1982; Callon y Latour, 1991; Barnes *et al.*, 1996) o de circulación de conocimientos (Arvanitis *et al.*, 2008); económico-administrativa, como capital social (Granovetter, 1973; Fountain, 1997; Field, 2003); de la gestión, como coordinación intergrupal (Casas, 2001); en el plano disciplinario, como trabajo interdisciplinario (Piaget, 1970) o como objeto-frontera (Star y Griesemer, 1989 y Star, 2010); en el plano del análisis de redes sociotécnicas como acción reticular (Callon, 1986a y 1986b), entre otros.

En este trabajo[1] pretendo desarrollar el estudio de la reconfiguración de la producción colegiada del conocimiento tecnocientífico partiendo de una doble estrategia: desde una dimensión conceptual-metodológica, analizo críticamente la capacidad epistemológica de tres enfoques representativos del estudio de la investigación colegiada; desde una dimensión empírica, ilustro analíticamente la reconfiguración del trabajo colaborativo entre dos equipos de investigación de dominios distintos en la integración de un dominio tecnocientífico. La doble idea es que el análisis conceptual-metodológico me proporciona elementos de demostración epistemológica para describir un caso del trabajo colaborativo entre físicos y médicos expresado en el dominio de la litotripsia extracorporal y que, simultáneamente, un caso de estudio etnográfico sobre el trabajo colaborativo me permita analizar la capacidad epistemológica de la interdisciplinariedad, los objetos-frontera y la traducción para mejorar el estudio del trabajo tecnocientífico colaborativo.

Particularmente, me interesa analizar la reconfiguración de la producción del conocimiento técnico-científico a partir de tres influyentes y representativos enfoques sobre el análisis de las mutaciones de la producción científica, a saber: la derivada de la idea de la interdisciplinariedad, la de los objetos-frontera y la de la traducción. La noción de interdisciplinariedad se promueve de manera profusa y reiterada como la forma posdisciplinar estándar de producir conocimientos tecnocientíficos (Unesco, 1998); la idea de objeto-frontera se ha empleado originalmente para estudiar la naturaleza del trabajo científico colaborativo en ausencia de consenso (Star y Griesemer, 1989) y de allí se ha extendido al estudio de diversas formas de colaboraciones frontera; y, finalmente, la idea de traducción se ha empleado para estudiar la actividad científica "tal y como se hace" (Akrich *et al.*, 2006), en un sentido amplio, incluyendo la reconfiguración de la actividad de investigación.

Sobre la clasificación, jerarquización y reconfiguración de las prácticas del trabajo científico colaborativo, no existen libros sino bibliotecas, y aun así, estos trabajos no agotan el estudio de las prácticas mismas. Por esta razón he preferido mostrar las capacidades analíticas de los enfoques

[1] En el pasado, hemos abordado la experiencia colaborativa de un grupo de investigación autodenominado interdisciplinario. En aquel entonces mostrábamos que: "El Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias ha tenido como motor de avance las continuas y profundas controversias, y las negociaciones científico-técnicas que han existido entre sus miembros, los cuales han mantenido una vigilancia epistemológica permanente" (Arellano, 1997: 72).

señalados anteriormente mediante el estudio de las situaciones que ocurren cuando dos grupos de investigación de dominio distinto se encuentran tratando de integrar sus prácticas para resolver problemas de sus propios equipos de investigación, con la ayuda de colegas venidos de otras tradiciones. Esta vía me permitirá ilustrar las formas y mutaciones concretas de organización entre investigadores de la física de las ondas de choque y médicos urólogos en la solución de problemas para ambos dominios, situación que vino a tomar cuerpo en la investigación de la terapéutica llamada litotripsia extracorporal.

En síntesis, el caso de la litotripsia extracorporal es interesante debido a su capacidad heurística para ilustrar explicaciones epistemológicas sobre la colaboración técnico-cognoscitiva entre dos colectivos que se vinculan en desafíos comunes de investigación, a partir de los contenidos conceptuales y metodológicos de los enfoques interdisciplinaristas, de los objetos-frontera y de la traducción.

La reconfiguración de la producción del conocimiento tecnocientífico

La reconfiguración de las ciencias y técnicas ha sido un tema relevante en la modernidad y sobre todo en las últimas décadas. Durante la instauración y desarrollo de la modernidad, se estableció un consenso según el cual se entendió que el proceso de autonomización de un dominio de conocimiento respecto a la filosofía o a un corpus cognitivo general formaba parte del proceso ordinario del desarrollo del conocimiento, de allí que los científicos festejaban cada progreso de sus campos disciplinares como un logro independentista y evaluaban la madurez de sus dominios a partir del grado de consolidación de un objeto, métodos específicos y distintos del corpus del que se estaba derivando.

Foucault estudió las grandes mutaciones de las formas en la voluntad de saber (Foucault, 1971) y en todas las epistemologías occidentales que se produjeron hacia el fin del siglo XVII, particularmente en el periodo de la Reforma, expresadas en el surgimiento de las disciplinas científicas (Foucault, 1966). Estas transformaciones del conocimiento científico estudiadas por Foucault se corresponden con nuevas disposiciones en los sujetos y objetos de estudio, nuevas materialidades y laboratorios y organizaciones institucionales de investigación, de enseñanza, nuevos valores cognoscitivos y prácticas discursivas descritas en *El nacimiento de la clínica* (Foucault, 1963), en *Vigilar y castigar* (Foucault, 1975), etcétera.

Si bien el uso del la expresión "disciplina científica" se pierde en el origen de los tiempos de la modernidad, para el primer tercio del siglo XX se usaba corrientemente en los reportes oficiales de los gobiernos (Carles, 1933). El sentido actual de la idea de disciplina científica es, en gran parte, subsidiario del trabajo foucaultiano sobre el surgimiento de la psiquiatría (Foucault, 1963), según el cual la disciplina surge del tratamiento disciplinado del cuerpo que correspondía simétricamente al ejercicio, también disciplinado, de las prácticas discursivas.

En el mismo sentido, Comte consideraba que la filosofía positiva se transformaba de acuerdo a un orden enciclopédico de ramificación de conocimientos caracterizado por el paso de la "generalidad decreciente a la complicación creciente" (Comte, 1905: 10), que se coronaría con el establecimiento y desarrollo de la "física social" (Comte, 1905). Por su parte, Bernal usaba el término "campo" para describir el "progreso de la ciencia" a partir del surgimiento de nuevos "dominios científicos" (Bernal, 1981: 551). Estas ilustraciones del surgimiento y desarrollo de las disciplinas se corresponden con aquellas de Vinck sobre el surgimiento de la geología y la química (Vinck, 2000).

Un trabajo muy referenciado sobre el proceso de formación de disciplinas ha sido el de Ben-David. Según este autor, durante casi todo el siglo XIX las universidades germanas se caracterizaron por el rápido desarrollo de las diferentes ramas académicas y por su diversificación en disciplinas definidas que poseían una metodología especializada y contenidos sistemáticos (Ben-David y Collins, 1966; Ben-David *et al.*, 1966).

El crecimiento científico

Habermas ilustra estos procesos de creciente disciplinariedad científica en sus disertaciones sobre la modernización de la cultura. Para él, la modernidad cultural se expresa en la disociación de las imágenes religiosas y metafísicas del mundo, produciéndose una diferenciación entre ciencia, moral y arte (Habermas, 1987: 277). Este proceso de diferenciación continúa, según él: "La diferenciación cultural moderna tardía conduce al aumento de la disciplinariedad hasta el grado de renunciar a una interpretación de la naturaleza y de la historia en su conjunto" (Habermas, 1987: 278).

Sin embargo, para los años de posguerra, la creciente especialización cognitiva de las disciplinas (Bush, 1945) y una acelerada limitación de su alcance explicativo ocurrió simultáneamente con un movimiento científico en sentido contrario caracterizado por la aparición de nuevas figuras de la

producción del conocimiento, que consiste en la composición e integración de disciplinas diversas en nuevos arreglos, de nomenclatura prolífica, como ha ocurrido con los denominados proyectos Big-Science (Price, 1963), desde la perspectiva de un nuevo modo de producción de conocimiento (Gibbons *et al.*, 1994), o desde una perspectiva más sociológica con las referencias al surgimiento de la biotecnología (Herrera *et al.*, 1983), la biomedicina (Cambrosio, Keating y Bourret, 2006), la neuroendocrinología (Latour y Woolgar, 1979) en el siglo pasado, solo por mencionar algunos ejemplos.[2]

Ahora bien, las reconfiguraciones de las ciencias y las tecnologías han sido acompañadas también de mutaciones en el dominio del estudio de las ciencias y técnicas. Asimismo, el movimiento de la sociología de ciencias blooriana y la nueva sociología y antropología de ciencias, puesta en escena por los investigadores de la denominada Teoría del Actor-Red, vendrían a significar una reconfiguración en el análisis de la producción del conocimiento científico sobre el conocimiento y la tecnicidad y, por lo tanto, de las mutaciones de su objeto de estudio. Como se dice en la convocatoria a este número de la *Revue d'Anthropologie des Connaissances*: "Durante mucho tiempo, la epistemología, la lógica, la psicología y la filosofía de la ciencia han dominado la comprehensión exclusivamente racional de los conocimientos y de las técnicas" (RAC, 2011); el giro antropológico del estudio de la ciencia y la tecnología ha mostrado que estas: "Se ubican en condiciones históricas específicas, son empleadas de manera particular y son reproducidas y transmitidas circunstancialmente en instituciones concretas" (RAC, 2011). En general, tres cambios principales trajo este giro, el redescubrimiento del laboratorio como objeto de estudio, la puesta en escena de la epistemología social como enfoque claro de la sociabilización del conocimiento, la tecnicidad y la actualización del constructivismo en diferentes acepciones del constructivismo social (Arellano, 2010).

Los enfoques de la interdisciplinariedad, el objeto-frontera y la traducción que evalúo metodológicamente como aparato analítico en este estudio, han surgido del anterior movimiento y específicamente abordan, como parte de todo su dominio, el estudio de las mutaciones en la organización científica y tecnológica.

[2] Por cierto, en el *Futuro de la naturaleza humana*, Habermas ya solo ve en estos cambios las mutaciones morales que introduce la instrumentación de nuevos dominios de conocimiento (véase Habermas, 2002).

LA INTERDISCIPLINARIEDAD

Jean Piaget mostró los cambios en la reconfiguración de la actividad científica que se estaban produciendo a fines de la década de 1960. En 1970, en el Seminario de Niza sobre la interdisciplinariedad, Piaget (1975) definió los términos de una multidisciplinariedad entendida como la solución de un problema con ayuda de informaciones de otras disciplinas, la interdisciplinariedad concebida como la interacción propiamente dicha de disciplinas y la transdisciplinariedad pensada como un sistema científico unificado sin fronteras estables entre disciplinas (Piaget, 1970). En sus reflexiones sobre la lógica científica, Piaget consideraba que la reconfiguración epistemológica que estaba ocurriendo pasaría, en el caso de las disciplinas sin jerarquías, de las prácticas disciplinarias a las interdisciplinarias; así, ejemplificaba nuevas disciplinas surgidas de la interdisciplina, tales como la sociolingüística, la teoría de juegos formada por la psicología y la economía y el estructuralismo etnográfico de Levi-Strauss formado por el estudio de las estructuras jurídicas, las lingüísticas y las de parentesco (Piaget, 1979).[3] La transdisciplina era simplemente un proyecto futuro de reconfiguración de la producción del conocimiento.

En 1970, Piaget desarrolló, con contenido analítico, las tres categorías sobre las mutaciones de la actividad científica. Con ellas, trataba de dar cuenta del estado del arte de la reconfiguración de la producción del conocimiento de aquellos años. Sin embargo, con el paso del tiempo, las categorías piagetianas perdieron capacidad explicativa y actualidad analítica; en su lugar, sus términos fueron utilizados como instrumentos normativos dirigidos a promover la actualización de las prácticas tradicionales de investigación, léase disciplinarias. Así, numerosos seguidores de las categorías piagetianas se convirtieron en vigías de los preceptos de la producción científica denominada interdisciplinaria.

La acepción normativa de los términos interdisciplinaristas sirvió a las burocracias científicas para estimular la extrapolación de experiencias colaborativas exitosas de investigación y de advertencias contra el "error" de evitar la colaboración académica. La edificación normativa de los términos piagetianos se inició casi inmediatamente después del Seminario de Niza, en 1970; la Unesco organizó en África un seminario sobre la "formación de maestros para y por la interdisciplinariedad" (Unesco, 1970) y la OCDE organizó el coloquio *L'interdisciplinarité. Problemes d'enseignement et de*

[3] En el Seminario de Niza, Piaget mencionaba los ejemplos de la topología algebraica y la praxeología (Piaget, 1970).

recherche dans les universités (OCDE, 1972). Para fines de la década de 1990, la terminología piagetiana en su versión normativa estaba en plena expansión mundial. Esta situación se verifica en el contenido de la *Declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI*: *Visión y Acción* (Unesco, 1998) y, particularmente en el artículo 5, sobre la promoción del saber mediante la investigación, cuando se convino:

> a) El progreso del conocimiento mediante la investigación es una función esencial de todos los sistemas de educación superior que tienen el deber de promover los estudios de postgrado. Deberían fomentarse y reforzarse la innovación, la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad en los programas, fundando las orientaciones a largo plazo en los objetivos y necesidades sociales y culturales. Se debería establecer un equilibrio adecuado entre la investigación fundamental y la orientada hacia objetivos específicos (Unesco, 1998).

De allí a la fecha, los documentos y estímulos de política científica apologizan las categorías de la investigación interdisciplinaria en demérito de otras formas de investigación, como puede constatarse en numerosos programas gubernamentales; como por ejemplo, en el caso del Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2006-2012 de México (véase Gobierno de México, 2008).

Cuarenta años más tarde de la evocación de las categorías piagetianas, los estudiosos de la interdisciplina se dividen "entre aquellos que ven una revolución y aquellos que denuncian la panacea epistemológica" (Vinck, 2000: 3). No obstante, cabe otra posibilidad: retomar la actitud analítica de Piaget para indagar cómo en nuestros días se produce y reconfigura el conocimiento científico; con esta actitud analítica analizaremos un caso de reconfiguración del conocimiento científico colaborativo sin los atavismos de categorías normativas.

La instrumentación administrativa de los términos interdisciplinaristas ha facilitado el recambio de la investigación de la ciencia por la consultoría, y de la epistemología por la prescripción epistemológica. Sin embargo, la proliferación de los cambios en la reconfiguración de los dominios científicos está ocurriendo fuera de los modelos promovidos por los epistemólogos interdisciplinaristas y ausente de la normatividad de sus ordenamientos interdisciplinarios. En la práctica, los científicos están realizando ejercicios de mutaciones disciplinarias que no son siquiera reconocidos como prácticas interdisciplinarias respecto a los preceptos de los interdisciplinaristas.

Cuando descentramos la discusión sobre la interdisciplinariedad, el panorama analítico se amplía y pueden analizarse cambios reales que están ocurriendo en el ámbito de las comunidades científicas, de las instituciones científicas, de la epistemología social, de los laboratorios y de la investigación industrial. La idea es que desde otros enfoques como, por ejemplo, los estudios de los objetos-frontera y los derivados de la noción metodológica de traducción se podrían aportar elementos epistemológicos para el estudio de las mutaciones científico-tecnológicas.

LOS OBJETOS-FRONTERA

La noción de objeto-frontera (O-F) fue puesta en escena para analizar el contenido del trabajo colaborativo en general, y en particular aquel que se realiza en ausencia de consenso. En el texto original, escrito por Star y Griesemer (1989), los O-F comportan la flexibilidad interpretativa, la estructura material/organizacional de los diferentes tipos de O-F y la informática y dinámica puestas entre utilizaciones mal estructuradas de los objetos y otras más adaptadas (Star, 2010).

Para Star, "el término (objeto-frontera) es utilizado para designar un espacio compartido, el lugar preciso donde el sentido de aquí y de allá se reúnen. Estos objetos comunes constituyen las fronteras entre grupos gracias a la flexibilidad y a la estructura compartida; ellos son ingredientes de la acción" (Star, 2010: 20). Continúa con la definición de objeto:

> En objeto-frontera, utilizo el término objeto a la vez en el sentido informático, pragmático y en el sentido material. Un objeto es alguna cosa sobre y con la cual las personas (o, en informática, otros objetos y programas informáticos) actúan. Su materialidad proviene de la acción y no de un sentido prefabricado de la materia o de la cualidad de cosa (Star, 2010: 20).

Y, finalmente, la idea de frontera, según la cual "los objetos-frontera son a la vez temporales, encerrados en la acción, sujetos a la reflexión y a la adaptación local, pero también son distribuidos en cada una de estas tres dimensiones. En este sentido, ellos son n-dimensionales" (Star, 2010: 20).

La noción de objeto-frontera ha tenido un importante despliegue en diversas disciplinas de las ciencias sociales, de la información, de la gestión y de la ingeniería (Trompette y Vinck, 2009). La idea de O-F enfoca lo que Star y Griesemer denominaron la "ecología del espacio de trabajo" enten-

dida como todo lo que está implicado en la mediación de los conocimientos (Star, 2010).

Al contrario de los estudios etnometodológicos al estilo Lynch que abordan la elaboración de la sociedad concreta devenida rutinaria (Lynch y McNally, 2006), en el caso de los O-F es importante la búsqueda de todos aquellos fenómenos que en los grupos de investigación pueden parecer extraños, bizarros o anómalos. La búsqueda de anomalías por parte de Star es inversa a la búsqueda de la conformación de los estándares de Lynch.

El enfoque de Star sobre los O-F tiene un interés en cierto modo nomológico, pues se intenta que los O-F sean descripciones cada vez más amplias y enriquecidas del contenido del trabajo científico material y procedimental colaborativo sobre temas de identidad ambigua en su arquitectura, dimensiones, formas y tipos (Star, 2010). Así, cuando Star se refiere a las anomalías estudiadas, da cuenta del trabajo invisible, del conocimiento distribuido, de la caracterización de objetos útiles debido a sus cualidades mediáticas (por cierto, este aspecto comprometido directamente con la flexibilidad interpretativa), el conocimiento no estandarizable, etc. Del mismo modo, realiza una lista de nueve características de la infraestructura relacionadas con el conocimiento de las comunidades de prácticas particulares (Star, 2010). Pero también los seguidores de Star han intentado, como ella escribió, "controlar este movimiento de alternancia propia a los objetos-frontera y, en particular, de estandarizar y de hacer equivalentes los aspectos bien estructurados o no del objeto-frontera en cuestión" (Star, 2010: 31-32).

Los objetos-frontera de Star son ciclos de las dimensiones de estandarización, métodos y categorías residuales que ocurren en el encuentro entre comunidades de investigación. En este sentido, los O-F no son epistemológicos, pues el deseo de colaborar no es suficiente para llevarlo a cabo.

Respecto a la noción calloniana de estabilización de una traducción como un momento que marca el inicio de nuevas controversias técnico-científicas, la idea de un ciclo de O-F es inversa pues, como escribió Star:

> Con el tiempo, todos los sistemas estandarizados rechazan o generan categorías residuales […]. Mientras, cuanto más estas categorías son invadidas por el exterior o por otras, más los elementos de estas categorías son conducidos a inventar nuevos objetos-frontera, y es así como un ciclo nace (Star, 2010: 32).

En el vasto movimiento del estudio de los O-F existe una tentación normativista para instrumentalizarlos conceptualmente (Verchère y Anjembe, 2010), o bien de controlar la alternancia de los O-F, particularmente en la rama de la administración o de las agencias de gestión (Star, 2010). Sin embargo, hay que reconocer que la idea de O-F no se volvió una máxima performativa como un tipo ideal para la instrumentalización de O-F de alto desempeño en el avance de la investigación científica, como ha ocurrido con la idea de interdisciplinariedad.

LA TRADUCCIÓN

Sociólogos y antropólogos de la ciencia, pero sobre todo aquellos que han adoptado el enfoque de la llamada Teoría del Actor-Red, han venido estudiando una multitud de temas sobre la actividad científica, en los que, directa o indirectamente, se abordan las formas organizativas de la actividad científico-tecnológica. Desde los clásicos estudios de Latour y Woolgar (1979), Knorr-Cetina (1981) y Lynch (1985) y los agrupados en la corriente de la sociología de la traducción "estudiar la ciencia tal y como se hace" (Callon y Latour, 1991), estos investigadores han desarrollado un repertorio distinto al de los interdisciplinaristas que inspiraron en Star la idea de objeto-frontera.

Estos sociólogos y antropólogos de ciencias emplean expresiones como "situación de investigación", "controversias y negociaciones", "redes sociotécnicas", "construcción simultánea de conocimientos y artefactos", etc. La descripción de las redes sociotécnicas es tan vasta que no podría pensarse que la expresión "investigación reticular sociotécnica" englobara un estilo de práctica de investigación discernible. Dado que normalmente estos sociólogos de ciencias no asumen una posición normativa respecto a la reconfiguración de las disciplinas, los estudiosos gozan de una libertad de investigación que les permite poner en tensión cognoscitiva permanente los casos de reconfiguración disciplinaria y su teorización.

Pese a los numerosos aportes a la noción de traducción derivados en la idea de teoría del Actor-Red, nosotros queremos partir de la idea de la sociología de la traducción escrita en el clásico texto de 1986 de Callon sobre la domesticación de almejas y pescadores (Callon, 1986b). En este texto, Callon revisó el principio blooriano de la simetría de las controversias sobre la naturaleza, extendiendo ese principio a las controversias sobre la sociedad, proponiendo la construcción de un cuadro común y general

para interpretar el carácter incierto de la naturaleza y de la sociedad, llamado "principio de simetría generalizada" (Callon, 1986b: 176-177).[4]

Callon expuso, en este artículo, las negociaciones que tres investigadores establecieron con la naturaleza de las almejas y la acción de los pescadores, de las instituciones que financian las investigaciones, de la policía que vigila el cumplimiento de la disciplina de pesca, de los colegas científicos, etc. El proceso de transformación de un mundo natural y social desconocido hacia un mundo conocido y controlado por la acción de los científicos es bien ilustrado como un proceso de traducción.

En este texto no hay colaboración intergrupal al estilo de los O-F, ni interdisciplinaria, y se pasa de un mundo incierto a uno verificado empíricamente. La acción y las opiniones científicas de los tres investigadores son unitarias, los tres afrontan de manera monolítica las investigaciones sobre las almejas y las negociaciones con los otros actores sociales (Arellano, 1995).

El valor metodológico del texto clásico de Callon consiste en el método demostrativo de la traducción. El método de la sociología de la traducción propuesto por Callon y modificado por Arellano (1995) en el estudio de la hibridación del maíz, se despliega mediante un mecanismo consistente en una ruta crítica compartida que va de la puesta en escena de los actores iniciales, el diseño de un problema común, la formulación de hipótesis, la definición de los actores, las relaciones entre las hipótesis y los actores, la instrumentación para la manipulación de los actores, la intervención instrumental sobre los actores, controversias y negociaciones y, en su caso, la consolidación de las alianzas (Arellano, 1995 y 1999).

Hay que señalar que esta ruta crítica es una ruta epistemológica heurística y general de cómo los investigadores despliegan sus acciones de investigación. De igual modo que la noción de red-sociotécnica, la idea de traducción hay que tomarla en su valor metodológico y nunca por una definición nomológica de alguna realidad;[5] por esta razón, en este texto no emplearé la idea estándar de "actor-red", pues se ha convertido en una

[4] El principio de simetría generalizada ha sido formulado por Michel Callon (1986b) a partir del principio de simetría de Bloor (1982). Según Callon, el principio de simetría blooriano considera que la naturaleza no explica ni lo falso ni lo verdadero y que las explicaciones son dadas por la sociedad (los científicos). En el principio de simetría generalizada, tanto la naturaleza como la sociedad son categorías a explicar partiendo de las interpretaciones sobre los objetos.

[5] Esta fue la crítica latouriana a la pérdida de capacidad metodológica de la noción de red en aras de una definición empírica general (véase Latour, 1998).

definición *a priori* de acción sociotécnica en una versión de acción reticular; en lugar de ello, explico las acciones reticulares o no reticulares que realizan las entidades participantes de una investigación. Con este matiz, se puede considerar que con la idea de traducción no existe un arrebato normativo o una máxima a alcanzar, como pareciera ocurrir en la noción de interdisciplinariedad, y nos libera el camino para analizar la capacidad explicativa de la aplicación concreta de la idea de traducción en el sentido metodológico.

Describiendo y caracterizando la organización de la investigación en litotripsia extracorporal

Luego de haber expuesto los enfoques analíticos para el análisis de la reconstrucción de la investigación colaborativa, analizaré los resultados de las observaciones que durante años he seguido sobre la integración y desarrollo de la litotripsia extracorporal.

La reconfiguración de las prácticas y dominios de investigación ocurre en el momento en que al menos dos grupos intentan reconstruir sus tradiciones de investigación para desarrollar de modo colaborativo nuevos conocimientos y artefactos, en las dimensiones social, material y simbólica de la práctica científica. La reconfiguración de la investigación puede ser descrita empíricamente mediante la observación etnográfica, pero la explicación requiere de un cuerpo analítico definido ex profeso. En el caso que nos ocupa, el propósito de la descripción consiste en explorar las explicaciones e ilustraciones de este proceso de investigación colaborativo a partir de las categorías interdisciplinaristas del objeto-frontera y de la traducción.

En esta parte del trabajo,[6] describo críticamente las prácticas y los resultados de investigación alcanzados entre dos equipos distintos de investigadores, así como la reconfiguración de la investigación, considerando que el haz de prácticas sociales, epistemológicas e institucionales ocurre simultáneamente, y que la producción de nuevos colectivos de conocimientos y de artefactos ocurre sincrónicamente. Se trata de reportar la observación etnográfica de la organización de la investigación que ocurrió en un encuentro inédito entre dos grupos de perfiles disciplinarios disímiles, con el propósito de estudiar y mejorar la aplicación de la litotripsia extracorporal en México.

[6] Véase nota 1.

Particularmente, se trata de examinar cómo las acciones y resultados escritos conducidos por dos grupos de investigadores organizaron y establecieron una línea de investigación sobre el estudio de la relación entre los valores de atenuación y los coeficientes de fragmentación de cálculos renales sometidos a ondas de choque producidas en aparatos litotriptores de laboratorios experimentales de físicos de la acústica y de quirófanos urológicos de un hospital universitario.

El seguimiento etnográfico de la investigación en litotripsia extracorporal por un lapso de varios años, tanto entre físicos como entre urólogos, me ha proporcionado una historia empírica de colaboración que puede ser explicada mediante categorías surgidas de diferentes tradiciones de los estudios de la tecnociencia para explorar la heurística explicativa de cada una de ellas. En este sentido, he dividido la demostración de acuerdo a los hitos visibles por los propios equipos observados y que ocurren en tres momentos: la elaboración colegiada del problema de investigación y sus antecedentes disciplinarios; el estudio colectivo de la factibilidad de predicciones de fragmentación de cálculos renales a partir de evidencias tomográficas de utilidad para las prácticas clínicas y terapéuticas urológicas, y la producción y publicación profusa de sus resultados sobre la litotripsia extracorporal y análisis de sus experiencias.

Construyendo el problema de la fragmentación de cálculos renales desde la física de las ondas de choque y la urología

Hasta la fecha, los urólogos no cuentan con indicadores o parámetros que los puedan orientar para determinar la cantidad e intensidad exactas de ondas de choque que se debe aplicar a un paciente para fragmentar los cálculos renales o biliares mediante las máquinas litotriptoras. Este problema se ha intentado resolver de manera empírica y personal por los urólogos que emplean litotriptores para fragmentar los cálculos renales de los pacientes, tratando de evitar daños al tejido renal. La erudición particular de estos médicos está basada en criterios médicos sobre la tipología de los pacientes, de las edades, del tamaño de cálculos y posiciones determinadas mediante radiografías. En México, la litotripsia extracorporal es una terapéutica empleada en los hospitales desde 1990 (Garduño *et al.*, 1999).

Por otro lado, los físicos de la acústica han estudiado la fragmentación de cristales mediante la aplicación de ondas de choque provenientes de litotriptores experimentales y una de sus especialidades se refiere al análisis de las predicciones de fragmentación de los cristales a partir del diseño de fórmulas de aplicación de ondas de choque constituidas por el número de

ondas de choque, frecuencia, amplitud y ubicación del punto de máxima energía (notas de campo entre 1997 y 2009). En realidad, desde 1995 un grupo de físicos mexicanos interesados en la acústica aplicada han estudiado la generación de ondas de choque y la construcción de litotriptores experimentales (Loske y López, 1996; Prieto y Loske, 1999; Loske *et al.*, 2003), y desde 1996 han tomado como su objeto de estudio la física de la litotripsia extracorporal (Loske y Prieto, 1998 y 2002; Martínez, 2006 y Arellano, 2011).

Hasta 1999, los urólogos interesados en la litiasis, que empleaban litotriptores en sus terapéuticas, se situaban en un paradigma inconmensurable respecto a los físicos de las ondas de choque, quienes empleaban litotriptores experimentales para el estudio de la fragmentación de cristales.

En el año de referencia, los físicos Fernando Prieto y Achim Loske, quienes residían en Querétaro, trabajaban en el Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada de la UNAM (CFATA).[7] En 1999 publicaron el texto "Bifocal Reflector for Electrohydraulic Lithotripters", en el *Journal of Endourology* (Prieto y Loske, 1999). Se trataba de una publicación sobre la mejora de un reflector bifocal para un litotriptor que expresaba el trabajo de mejora de las máquinas litotriptoras existentes en 1999. Dicho de otra manera, ambos físicos se encontraban realizando ciencia "revolucionaria" en el dominio del vínculo entre la acústica y la innovación de máquinas generadoras de ondas de choque.

Por otro lado, el urólogo Jorge Gutiérrez, quién residía en Guadalajara y trabajaba al frente de un pequeño grupo de urólogos residentes en el Servicio de Urología del Nuevo Hospital Civil de la Universidad de Guadalajara (NHCG), realizaba investigación "normal" sobre la terapia de la litotripsia extracorporal. Su trabajo consistía en documentar el manejo terapéutico de la contradicción entre la destrucción eficiente de cálculos renales y evitar dañar el tejido renal y, por lo tanto, en mejorar la justificación de la terapéutica de la litotripsia extracorporal respecto a la clásica extracción manual de los cálculos mediante cirugía invasiva.

A fines de 1999, el médico Jorge Gutiérrez se encontró el trabajo del grupo de CFATA y se planteó discutir con sus estudiantes-residentes el trabajo de Prieto y Loske, despertando en el médico Gutiérrez el interés para entrar en contacto con los físicos del CFATA.

En la historia que estoy describiendo, el enfoque interdisciplinarista no proporciona elementos analíticos para el estudio detallado del proceso de

[7] Este centro se encuentra ubicado en el Campus Juriquilla de la UNAM, en la ciudad de Querétaro.

la colaboración, sino que solo proyecta una lectura final al nivel de los resultados cualitativos y generales obtenidos de la colaboración de disciplinas. El repertorio de los epistemólogos interdisciplinaristas no suministra el instrumental para explicar la puesta en ruta de la colaboración interdisciplinaria, como tampoco para comprender la construcción de colaboraciones que surgieron entre ambos equipos de investigación.

En esta situación, se puede considerar que ese artículo científico en cuestión, al ser discutido, interesaba e involucraba a los urólogos en el interés de los físicos de las ondas de choque (Callon, 1986b); dicho en otras palabras, el artículo señalado resultaba un objeto mediador (Vinck, 2009) entre los resultados de la generación y aplicación de las ondas de choque y las potenciales aplicaciones del texto a los tratamientos de litiais, que intentaban desarrollar los urólogos.

Luego de varias etnografías, los sociólogos de la traducción han señalado que la investigación tecnocientífica se inicia con el interés de las entidades participantes, que tienen formas varias, incluyendo las no humanas; tal como el papel impreso en negro del artículo de Prieto y Loske para interesar a Jorge Gutiérrez. En efecto, en este momento, el doctor Gutiérrez fue interesado por el actor artículo e involucrado en el tema de la generación física de las ondas de choque. Pero también podremos verlo desde la óptica de Prieto y Loske, indicando como en su artículo quedaba expresado el interés de ambos físicos respecto a la litotripsia extracorporal de los urólogos.

Con anterioridad e independencia del intento de calificación de la colaboración entre ambos grupos, una situación ya estaba ocurriendo: la lectura por parte de los urólogos los organizaba como lectores de un asunto que les incumbía mediante el "actor artículo" e, inversamente, la escritura por parte de los físicos los organizaba como autores de un asunto sobre el que algo sabían y podían comunicar a un público. Esta organización estaba tomando la forma de una trama de entidades heterogéneas que los colocaba como lectores, autores y medios de lectura sobre un aspecto simbólico y artefactual, identificada como "la aplicación de ondas de choque en la litiasis urológica". Este momento se asemeja a la idea de O-F, si tomamos en cuenta que se estaban poniendo en escena los trazos de un esquema de colaboración entre los urólogos lectores y los físicos autores y que dicha investigación colaborativa se encontraba abierta a muchas posibilidades de investigación y, paradójicamente, plagado de ambigüedades e inexactitudes.

Desde la óptica de la traducción, no es posible señalar, apriorísticamente, que se había constituido una red sociotécnica. Sin embargo, estamos

mostrando que en estos tiempos ya se estaba operando una serie de traslados y circulaciones que estaba modificando la identidad, el destino de las entidades y los elementos. También estaban ocurriendo una serie de intercambios e interpretaciones flexibles entre los elementos que tomaban una forma distinta a la original de ambos grupos en los aspectos simbólicos, sociales, materiales e intersubjetivos. Así, las categorías sociales de artículo, lector, autor, investigador, médico, físico, se modificaban debido a la materialidad de la tinta y el papel del artículo y de los aparatos litotriptores que cada equipo tenía y podía tomar como referencia física de sus evocaciones. El artículo "Bifocal Reflector for Electrohydraulic Lithotripters" ponía en situación de intersubjetividad, y de amplia flexibilidad interpretativa propia de los O-F, la comprensión de los significados y significantes de los escritores y los lectores sobre los contenidos de los reflectores bifocales para las máquinas litotriptoras.

Entre 1999 y 2005, el trabajo colaborativo avanzó lentamente. Por un lado, el equipo de Loske tardó mucho tiempo en aprender bien el mecanismo de los litotriptores usados en los quirófanos urológicos (Prieto y Loske, 1999) y tuvo que modificar uno de ellos para usarlo experimentalmente (Loske, Méndez y Prieto, 2003) e iniciar la experimentación con modificaciones en la manipulación de las ondas de choque (Loske, 2001 y Loske *et al.*, 2004a). Por otro lado, el equipo de Gutiérrez siguió de 1999 a 2003 con las terapéuticas ordinarias de pacientes litiásicos en el NHCG sin realizar publicaciones relevantes.

En el año 2000, físicos y urólogos emprendieron una pequeña investigación conjunta sobre la descentración de las ondas de choque como terapéutica protectora del tejido renal que concluyó en 2003 con la primera redacción conjunta de una publicación editada en 2005 (Favela *et al.*, 2005). En esta etapa fue desarrollándose una integración de las investigaciones que reunía de modo cooperativo a los integrantes de ambos equipos de trabajo. En términos de prácticas de investigación, se observaba que en los quirófanos del NHCG se desarrollaba una parte de la investigación con participación de Loske y otros integrantes de su equipo y, al contrario, en los laboratorios de CFATA asistía Gutiérrez, complementándose las investigaciones de cada uno de los equipos (Arellano, 2011).[8]

Entre 1991 a 2005, pasaron largos años de compenetración, de experimentos fallidos, de aprendizaje de Loske de los ambientes de quirófano en el NHCG, y de aprendizaje de Gutiérrez de los ambientes de laboratorio del

[8] Para más detalles de estas investigaciones véase Arellano (2011).

CFATA. ¿Esto puede ser considerado como investigación interdisciplinaria o transdisciplinaria? Desde luego que desde la óptica de los discursos interdisciplinaristas ocurrían ambas, pero ahora cualquiera de ambos términos tendría un contenido muy pobre para describir, como he hecho hasta aquí, las actividades que desarrollaba el nuevo equipo de investigación ampliado. En cambio, es propio referirse al contenido de un objeto-frontera, pues se está alcanzando una conformación cognoscitiva que rebasa los dominios de cada grupo aislado y el inicio de un nuevo dominio cognoscitivo que aún no tiene nombre estable.[9] Aún más, en favor del enfoque de O-F, no es posible afirmar que existían en ese momento consensos conceptuales y metodológicos compartidos concluidos, o bien que la investigación para la protección del tejido renal descentrando la fuerza de choque de la onda era de escaso valor consensual para ambos equipos de investigación. Desde la óptica de la traducción, el momento se corresponde con la puesta en escena de las entidades iniciales y el proceso de formulación de problemas de investigación comunes.

En la realidad, las investigaciones acordadas colectivamente tenían varios frentes, pero para ilustrar mejor los desafíos a los que se enfrentaba este nuevo equipo de investigación, daré cuenta de la investigación que ha persistido en el tiempo y donde se han obtenido resultados conjuntos.

Retomando el hilo de mi exposición, diré que en un lapso de observación etnográfica, los investigadores definieron un problema de investigación conjunto. Esto ocurrió en la reunión del grupo de investigación para definir las nuevas líneas de trabajo, llevada a cabo en CFATA en junio de 2005. Durante la reunión, Loske planteaba:

> La relación que existe entre la dureza de los cristales y el número de ondas de choque necesario para alcanzar su fractura; y que esto podía "traducirse" en un tratamiento de litotripsia extracorporal urológico como la búsqueda de la relación entre dureza del cristal, a partir de evidencias tomográficas de los cálculos y el número de ondas de choque necesarias para fracturar el

[9] Ubicados en la situación de la contratación de los nuevos residentes del Servicio de Urología del NHCG en el CFATA en Querétaro. Su debut tiene un ámbito extraño para los estudiantes, pues se encuentran en un centro de física aplicada y no en el NHCG, en un aula escuchando a un físico hablar sobre litiasis y no en un hospital recorriendo la consulta y escuchando a un médico hablar sobre los padecimientos y tratamientos de los pacientes. Jorge Gutiérrez y Achim Loske coordinan la reunión y dan los detalles de la participación de cada uno de los urólogos como si fuesen simultáneamente discípulos de la física y de la urología.

cálculo para lograr la expulsión de los fragmentos vía la orina (Arellano, notas de campo, 2005).

A partir de estas formulaciones, Loske y Gutiérrez fueron definiendo un problema de investigación: "Determinar la cantidad e intensidad de ondas de choque necesarias para fragmentar los cálculos renales para obtener fragmentos capaces de ser expulsados vía urinaria, basándose en la determinación del coeficiente de fragmentación a partir de la densidad tomográfica de los cristales". Ambas cuestiones tomaban la hipótesis sobre la posibilidad de saber si la identificación de la densidad tomográfica de un cálculo puede emplearse como indicador de su coeficiente de fragmentación y determinar, de este modo, los parámetros de intensidad y cantidad de ondas de choque a aplicar con un litotriptor.

La relación entre la visualización de los cálculos expresada en valores tomográficos y su posibilidad de fragmentación tenía al menos dos antecedentes. En los inicios sobre el estudio de la litotripsia extracorporal, se había reportado que "las piedras no son probables de fracturar si su radiodensidad es mayor que la de la columna vertebral" (Loske *e.p.*, 2005). Tiempo después, en la práctica clínica también se descubrió que "las piedras menos radiopacas eran más fáciles de romper que las que eran más radiopacas" (Hurtado *et al.*, 2007).

Loske y Gutiérrez habían aprendido, cada uno por su cuenta, que el grado de opacidad de la piedra visualizado en las radiografías varía de acuerdo a su composición, tamaño y posición con relación a los órganos y tejidos abdominales, y que la variabilidad en el contenido de las piedras complica la aplicación del tratamiento y hace más probable el fracaso de aplicación de la litotripsia extracorporal. Por eso, la predicción de la fragmentación, especialmente a partir de parámetros basados en el estudio de la tomografía,[10] era del mayor interés de médicos y físicos.

De estas deliberaciones, Loske y Gutiérrez redactaron conjuntamente el problema oficial de investigación –¿cómo predecir la fragmentación de los cálculos a partir de su densidad tomográfica?–, en el proyecto de investigación "Relación de los valores de atenuación con los valores de fragmentación de cálculos" (Hurtado *et al.*, 2006).

Para los años posteriores a 2005, la relación de temas, laboratorios, personas, animales de experimentos, urólogos y físicos se encontraba más

[10] En la práctica médica, el conocimiento de la estructura de los cálculos no solo es extraído por las técnicas de imagenología, también se usan pruebas del pH de la orina y pruebas de la identificación de cristales urinarios (Hurtado *et al.*, 2006).

entramada que en 1999, fecha en la que solo existía un vínculo de intereses compartidos, como podríamos decir desde la perspectiva de los O-F. Ahora, la circulación de todo tipo de elementos en la trama se hacía mucho más intensa y orientada hacia la solución del problema de la densidad tomográfica y el coeficiente de fragmentación en el que las fronteras oficiales de las disciplinas se habían desvanecido para dar paso a actividades inéditas para ambos equipos de investigación.

A estas alturas de la ilustración del caso, desde la perspectiva interdisciplinaria podría aducirse que los equipos habían rebasado la frontera de la interdisciplinariedad para arribar a la transdisciplinariedad, pues sus términos, métodos y conceptos estaban compartidos y podían formular conjuntamente nuevos proyectos de investigación inseparables. Sin duda, así ocurría, pero he tenido que dar cuenta de elementos demostrativos como artículos, proyectos y acciones de investigación que sobrepasan el empleo del término "transdisciplinariedad" convirtiendo superfluo su uso, dada la complejidad de las acciones ocurridas. El proyecto de investigación que se desprendía de la problematización conjunta puede ser considerado un problema-frontera, una definición heurística para su comprobación empírica, dado que no existían evidencias, en la literatura consultada, de la capacidad de previsión de fragmentación de los cálculos a partir de la densidad tomográfica.

La constitución del equipo y la reconfiguración de la investigación

Entre los años 2005 y 2009, Loske y Gutiérrez trabajaron en este proyecto de investigación. En este periodo, las relaciones entre físicos y urólogos asociados por un problema de investigación común reformulado dieron lugar a una nueva forma de investigación en la que resultaron integradas la física de las ondas de choque y la urología de la litiasis.

Empleando toda su experiencia conjunta precedente, los investigadores identificaron a las entidades y elementos interesantes para hacerlos participar en el proceso de investigación. Para ello, Loske y Gutiérrez hicieron coincidir los intereses de diversas entidades y los pusieron en circulación. La hipótesis de los investigadores suponía que a medida que iban identificando las entidades relacionadas con el problema investigado, en esa medida estas iban participando activamente y circulando controladamente en el transcurso de la investigación (Loske *e.p.*, 2005).

Loske y Gutiérrez identificaron los siguientes elementos y entidades para participar en su investigación conjunta: entidad sujetos experimentales (encarnada por los elementos identificados como cerdos y humanos

litiásicos); entidad modelos de cálculo renal (representada por los elementos HMT, U-30, A y B); entidad aparatos (concretada por los artefactos tomógrafo y litotriptor); entidad científicos (personificada por los físicos, los urólogos, los veterinarios, el actuario y el especialista en el manejo del tomógrafo). Todos estos elementos y entidades serían puestos en circulación durante el proceso de investigación.

Loske y Gutiérrez asignaron las funciones que deberían asumir las entidades y los elementos antes de comenzar a circular en el proceso de la investigación. Los investigadores utilizaron de manera comparativa tres modelos de cálculo renal de composición química y física diferentes. Ellos eran: los HMT comercializados por la empresa suiza High Medical Technology; los U-30, fabricados por la Universidad de Indiana; los A y B, elaborados por ellos mismos. Querían movilizar diversos modelos de cálculo renal, con composiciones químicas y físicas diferentes,[11] para ello se les aplicaría un tratamiento fijo de ondas de choque[12] con el propósito de relacionar el coeficiente de fragmentación de los cálculos y su valor de atenuación reportado en el tomógrafo.

A los cerdos se les asignaría el papel de pacientes con cálculos renales, dado que los riñones de esos animales son similares en tamaño y anatomía a los humanos. Los veterinarios se encargarían de movilizar a los cerdos durante el trayecto de la investigación, pues los anestesiólogos humanos son incapaces de mantener sus signos vitales. A los urólogos se les asignaría el papel de cirujanos, con el fin de transformar al cerdo en paciente con cálculos. Algunos urólogos también participarían activamente en la redacción de los artículos científicos junto con los físicos de las ondas de choque. Al técnico del tomógrafo se le asignaría el papel de mediador entre el tomógrafo y los investigadores. Su papel consistiría en tomar las imágenes de los modelos de cálculo y reportar los valores de atenuación. Al actuario se le asignaría el papel de estadístico con el objeto de correlacionar el grado de fragmentación de los modelos con el valor de atenuación reportado. Finalmente, al definir y asignar así los papeles a cada una de las entidades, Loske y Gutiérrez se asumirían como un equipo reconfigurado de científicos, capaces de estudiar el uso de la tomografía como medio para predecir la fragmentación del cálculo renal.

[11] La composición física se hallaba asociada a tres características técnicas: volumen (ligero, pesado), forma (esférica, cilíndrica, rectangular) y tamaño (pequeño, mediano grande) (Fernández *e.p.*, 2004).

[12] Todos los cálculos utilizados recibieron la misma dosis de ondas de choque 21 kV (Hurtado *et al.*, 2007).

Una vez definidas y asignadas las funciones, Loske y Gutiérrez, durante varios años, pusieron en circulación los elementos y entidades. En todo ese lapso de tiempo las entidades fueron circulando por el Hospital Civil de la Universidad de Guadalajara, por el Laboratorio de Ondas de Choque del Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada de la UNAM, por el laboratorio del patólogo donde se evaluaron los riñones de los cerdos, por la oficina del actuario donde se correlacionaron los valores de fragmentación. Todo ese movimiento dio como resultado la construcción de un arreglo único de investigadores, instrumentos, animales, colegas y aspectos epistemológicos; de manera que aun si me propusiera elaborar una norma de colaboración, tendría dificultades para prescribir buenas recetas colaboracionistas para otros casos.

Como podemos darnos cuenta, las interacciones no solo involucraban a los físicos con los médicos urólogos en situación a-jerárquica *a priori* o definitiva; sin embargo, existía una jerarquización dinámica en todo el grupo reconfigurado en su conjunto, pues cada persona, objeto, aparato, cerdo colaboraba para resolver problemas muy concretos del proceso de investigación.

El procedimiento experimental, grosso modo, evidenciaba el modelo de la terapéutica que se imaginaban los científicos sería resultado de la investigación. Los veterinarios se dieron a la tarea de manipular, controlar y estabilizar a los cerdos antes de pasarlos al quirófano experimental. Una vez que el cerdo era pasado al quirófano, los urólogos se preparaban para implantar los modelos de cálculo dentro de los riñones del animal. Los urólogos recibían al animal, realizaban una intervención quirúrgica y se dedicaban a manipular el riñón. Intervenían al cerdo para insertar un cálculo renal artificial en el interior del riñón, transformaban al cerdo en un paciente con cálculos renales. De ahí lo llevaban al laboratorio de tomografía y el técnico calculaba, por medio del tomógrafo, el grado de atenuación del modelo de cálculo. Después lo llevaban al quirófano y aplicaban litotripsia extracorporal. Los urólogos cuidaban que se aplicara la misma dosis en todos los cerdos. Después abrían el riñón y extraían las arenillas recolectándolas con sumo cuidado. Una vez obtenidas las arenillas, finalizaban los experimentos y se pasaba a la codificación y análisis de los resultados.

En el Laboratorio de Ondas de Choque ubicado en el Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada se realizaba otra faceta del trabajo común. Ahí se producía la acción bajo otra modalidad, los físicos trabajaban con las arenillas de los modelos fragmentados. Loske y los colaboradores manipulaban rigurosamente las arenillas, las secaban, las pesaban y establecían el coeficiente de fragmentación para cada uno de los cálculos utilizados.

Una vez obtenidos los diferentes coeficientes de fragmentación, Loske se trasladaba a la oficina del actuario Castaño Tostado, ubicada en el Posgrado de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro. Este profesionista comparaba los coeficientes de fragmentación con los valores de atenuación y elaboraba un modelo matemático comparativo. El modelo establecía el estándar del coeficiente de fragmentación del cálculo renal. La actividad del actuario también nos muestra, en otra situación local y con otros instrumentos, el papel decisivo que iba jugando en la organización del plexo de la investigación, en el sentido de la construcción de la estadística que soportaría la argumentación y justificación de la relación de las entidades y elementos de la terapéutica experimental.

El estado de las investigaciones en esta etapa está fuera de toda referencia a la perspectiva interdisciplinarista, lo único que se podría decir es que el equipo operaba en los hechos transdisciplinariamente, pero la enseñanza de ello es imposible de replicar. Desde la perspectiva de los O-F puede comentarse que a medida que avanzaban las investigaciones se producía una estandarización, pues la predicción del coeficiente de fragmentación implica un objetivo estandarizado de modo que cualquier médico urólogo pudiese saber qué dosis de ondas de choque aplicar partiendo del reporte de la densidad tomográfica reportada en un análisis tomográfico. En este sentido, se cerraba un ciclo de incertidumbre y vaguedad, y el objeto devenía menos frontera y más un objeto definido y estandarizado. Para la noción de la traducción, la construcción de las correspondencias del comportamiento de cada actor con respecto al del resto de las entidades contribuía en cada paso a la constitución de una red heterogénea de entidades alineada y centralizada ahora en los científicos, ahora en los cálculos o en otro actor relevante en su momento.

La consolidación de la trama físico-urológica sobre la litotripsia extracorporal

Cuando concluyeron la parte experimental de su investigación, Loske, Gutiérrez y colaboradores establecieron una fórmula matemática que, una vez conocidos el peso y la densidad tomográfica de los cristales, puede predecir el coeficiente de fragmentación. Muy precisamente dicho, para las propiedades mecánicas de ciertos modelos de cálculos renales es viable una solución terapéutica para su futura fragmentación: 2500 ondas de choque generadas con 21 kV. Así lo explican en el Protocolo de Investigación (Hurtado *et al.*, 2006) y en dos artículos científicos publicados en el *Journal of Endourology*, "Valor de atenuación tomográfica y fragmentación por

ondas de choque" (Favela *et al.*, 2005) y "Relación *in vivo* entre el valor de atenuación tomográfica y la fragmentación por ondas de choque" (Hurtado *et al.*, 2007).

Los artículos de investigación serían las formas que evidenciaron la fuerza de los vínculos entre ambos grupos de científicos. Permitieron que Loske, Gutiérrez y colaboradores valoraran la aportación de la tomografía.[13] Con los resultados de su investigación, establecieron que los valores de la tomografía son significativos, desde el punto de vista físico, para seleccionar pacientes candidatos a recibir la terapéutica de litotripsia extracorporal.

La idea cíclica de los objetos-frontera es muy interesante para entender las expresiones epistemológicas de Loske, cuando se refería a la capacidad para arribar a la solución negociada de problemas de investigación entre su equipo y el de Gutiérrez; pero simultáneamente, al sentido inagotable de encuentro de nuevos problemas de investigación, cuando decía: "Sin haber logrado una manipulación precisa de esta técnica clínico-terapéutica, consideraron que se han ido 'perfeccionando cada vez más', se van acercando cada vez más a la realidad, en cada proyecto, aunque esta nunca se alcanzará" (Loske *e.p.*, 2005).

De hecho, estos artículos de investigación resaltan la participación de todas las entidades de la red sociotécnica: sujetos experimentales, modelos de cálculos, aparatos, profesionistas, etcétera. Además, materializan la acción de físicos, veterinarios, urólogos y matemáticos, produciendo una "ruptura cognitiva" respecto a sus propias y originarias formaciones científicas.[14]

El revelador título del artículo "Percutaneous Renal Access: The Learning Curve of a Simplified Approach" (Negrete Pulido *et al.*, 2010) muestra el logro de la investigación conjunta, representa un alto en el camino de la colaboración y concluye, temporalmente, la organización del tejido de la trama sociotécnica de la litotripsia extracorporal y las actividades comunes de investigación.[15] Ahora los dos equipos de científicos

[13] Técnicamente, la expresión empleada por los investigadores fue "como *Tomografía Axial*" (Notas de trabajo de campo entre 1997 y 2009).

[14] Con el propósito de resolver uno de los obstáculos que se interponen entre las disciplinas, Morin prescribe la ruptura de fronteras disciplinarias. A diferencia de este autor, hemos descrito una situación en la que no hubo resistencia disciplinaria, aquí no se rompió ninguna disciplina (solo cálculos renales), por el contrario, todos los investigadores se enriquecieron de la colaboración de todos, como nos lo hicieron saber en las entrevistas.

[15] Véase asimismo el texto previo de E. Mues, J. Gutiérrez y A. Loske (2007).

comparten la idea de que es indispensable comprender la estructura física de los cálculos antes de recomendar al paciente la aplicación de litotripsia extracorporal con parámetros probados experimentalmente.

Asumido el reto de indagar las limitaciones o posibilidades de detección de ciertas características de los cálculos a partir de tomografías, ahora Loske y Gutiérrez proyectan nuevas investigaciones que se orientarán a profundizar el análisis de las relaciones y los parámetros que facultarán la predicción de la fragmentación de cálculos renales; todo ello, para que en un futuro se pueda resolver, de forma teórica y fáctica, la previa dicotomía que separa la física de la urología. Actuando de forma colegiada, médicos y físicos intentarán resolver la fragmentación física de los cálculos renales, la alternativa médica de la litotripsia extracorporal y la consolidación de un nuevo y pequeño dominio de conocimiento que a estas alturas del análisis podemos evocar como el desarrollo de la físico-urología (que no es la ya estabilizada medicina física). También vale la pena mencionar que las identidades de Loske y Gutiérrez se han complejizado, pues Loske sigue publicando en revistas de acústica (Loske, 2009) y modificando litotriptores (Fernández *et al.*, 2009a y 2009b); en tanto que Gutiérrez continúa con su práctica médica urológica y publica en revistas de medicina y urología.

Desde la óptica del objeto-frontera, la ecología de la colaboración entre los urólogos y los físicos de las ondas de choque es muy rica y genera nuevos ciclos de objetos-frontera (como sus investigaciones de bacterias en cálculos renales; Gutiérrez *et al.*, 2008). Las nuevas certidumbres y estandarizaciones en los resultados abren nuevas categorías y prácticas de investigación innovadoras. Una vez obtenidos ciertos resultados preliminares, Loske y Gutiérrez consideraron viable continuar con este proyecto. Luego se ha propuesto investigar otros factores asociados a la estructura de los cálculos, como la porosidad, la rugosidad y la geometría, principalmente. En este camino conjunto se han generado nuevos objetos-frontera como la idea de descentrar las ondas de choque para proteger mejor el tejido renal publicado en el texto "Out-of-focus shockwaves: a new tissue-protecting therapy?" (Loske *et al.*, 2004b), o la interacción de las ondas de choque con cálculos infectados con bacterias, publicado en el documento "Interaction of shockwaves with infected kidney stones: is there a bactericidal effect?" (Quintero *et al.*, 2008).

Desde la mirada de la noción de traducción, he mostrado que estudiando las etapas de la investigación en la construcción de una trama sociotécnica, podremos detectar la forma en que se va construyendo un problema de interés común y cómo se van haciendo equivalentes los intereses de las entidades, a partir de la selección, definición, asignación de funciones y

puesta en acción de las entidades participantes, y cómo se organiza todo el dispositivo de investigación para la resolución del problema de investigación expresado en los artículos escritos.

La acción de investigación, puesta en escena por el equipo de investigación, se muestra como un *continuum* de elaboración de equivalencias o como una serie de ciclos de paso de ambigüedades a certezas y estandarizaciones que producen residualmente nuevos objetos-frontera, y no como una serie de sugestiones de formas de investigación y acuerdos externos a las comunidades científicas.

Lectura de conjunto y propuesta

El estudio del tópico de la reconfiguración de la organización colaborativa de la producción científica a partir de la lectura crítica y empírica (Lynch y McNally, 2006) de la integración de la litotripsia extracorporal surgida de la física de las ondas de choque y de la urología de la litiasis, mediante el empleo analítico de los enfoques de la interdisciplina, los O-F, y la traducción, nos permite opinar evaluativamente sobre estos enfoques.

A diferencia de aquellas visiones inspiradas por los modelos de la interdisciplinariedad, el estudio de caso aquí presentado nos muestra que la construcción de la investigación obedece a las relaciones no descritas en las aspiraciones de los interdisciplinaristas. El enfoque interdisciplinario provee máximas de tipo organizativo que impiden captar la diversidad de dimensiones prácticas, cognoscitivas y conceptuales comprometidas en la investigación. Como hemos visto en este caso, la máxima de la interdisciplina entendida como la necesidad de colaboración entre físicos y médicos no provino de su contexto; por el contrario, los físicos y urólogos se vieron interesados y comprometidos a ciertos procesos de investigación para avanzar sus propias preguntas de investigación físicas y urológicas en las que la colaboración resultaba una práctica y no un insumo para producir un resultado. En todo caso, la interdisciplina debería ser una práctica colaborativa a explicar, tal y como he mostrado para el caso de la litotripsia extracorporal, y no el establecimiento normativo de acción colaborativa vacía de orientación epistemológica.

La identificación de la interdisciplina iniciada por Piaget en 1970 en términos metodológicos y tipológicos podría ser continuada, pero para ello sería importante sustituir la postura normativa de muchos promotores de la interdisciplinariedad por una postura analítica que privilegie el estudio de la reconfiguración de la investigación asumida por los propios investigadores implicados. En todo caso, si el interés fuese establecer una norma

interdisciplinaria sería necesario previamente conocer los patrones mínimos de organización de las entidades para realizar la investigación tecnocientífica, los elementos materiales, simbólicos y colectivos comprometidos, así como los procesos de traducción y equivalencia de estos elementos por los que transcurren las investigaciones tecnocientíficas reales.

En cambio, la noción de objeto-frontera permitió dar cuenta con suficiente claridad de un ciclo de objetos-frontera representado para mejorar la comprensión de las ondas de choque aplicadas a la fragmentación de cálculos renales y la instrumentalización de esos conocimientos en la mejora del desempeño de las máquinas litotriptoras usadas en la litotripsia extracorporal. En ausencia de consensos conceptuales y prácticas compartidas, los equipos de Loske y Gutiérrez iniciaron su acercamiento para colaborar en sus investigaciones. A lo largo de sus colaboraciones se fue produciendo una reconfiguración de la producción de conocimiento que condujo a la formulación de un problema-frontera ubicado entre la física acústica y la urología que lanzaba la hipótesis de lograr predecir el coeficiente de fragmentación de cálculos renales a partir de las experiencias vinculadas a la densidad tomográfica de tales cálculos. A medida que avanzaban las investigaciones del equipo ampliado de médicos-físicos, se acercaba el establecimiento de un conocimiento estándar que anulaba la incertidumbre inicial y establecía la certeza y comprobaba la predictibilidad del coeficiente de fragmentación. En esta ecología colaborativa se cerraba el ciclo del objeto-frontera nacido en 1999 con la publicación de artículos y estandarizaciones terapéuticas, que simultáneamente disminuía la flexibilidad interpretativa que predominaba al inicio del trabajo conjunto. Vale la pena señalar que durante este ciclo surgieron otros objetos-frontera que han generado una proliferación ecológica de otros temas fronterizos.

Al igual que en el enfoque de los O-F, la historia representa un ciclo, pero esta vez de una puesta en conexión de los elementos de las entidades mediante ejercicios de traducción que avanzan desde la primera identificación de los elementos, el diseño de la problemática traducida en común, la formulación de hipótesis, la definición de la identidad de las entidades, la conexión entre hipótesis y actores, la interposición de los científicos mediante la instrumentalización de los enlaces y la consolidación de las conexiones. Aunque hay que matizar esta última frase, pues Star ha reprochado a la noción de traducción el imperialismo que otorga a los actores humanos por sobre el resto de actores de la ecología colaborativa. Al final del ciclo, las diversas entidades convocadas fueron puestas en contacto con el resto, lo que dio como resultado una red heterogénea inédita y surgieron también, como en la idea de objeto-frontera, nuevos dominios y campos

de investigación sobre los cuales se operarían nuevas traducciones, de las que saldrían nuevas redes de entidades.

La lectura de la traducción de esta reconfiguración cooperativa del conocimiento es más rica que las posibilidades ofrecidas por los O-F, toda vez que las incluye y presenta mecanismos de puesta en equivalencia y correspondencia en los planos de la naturaleza y los equipos de investigación. La idea metodológica de traducción es relativamente antigua, sin embargo, su uso no ha sido agotado; sobre todo por el hipostasiamiento nomológico en el que los investigadores que supuestamente la han empleado han estado más interesados en describir a los actores sociales tejiendo redes sociotécnicas. En el caso analizado, he mostrado los detalles y evidencias de las investigaciones colaborativas para poner en situación y para mejorar el desempeño de la litotripsia extracorporal, como un mundo natural-social y uno simbólico que se traducen y rinden equivalentes. Para esto hemos descrito cómo una investigación relativamente sencilla se despliega en el tiempo de décadas pasando de un mundo desvinculado a un mundo vinculado por el esfuerzo de investigadores que logran mezclar las pulsiones de las ondas de choque con la fractura de cristales de enfermos de litiasis.

Encontramos que, siguiendo el enfoque de la interdisciplinariedad, se hipostasia al sujeto de conocimiento al enfatizar la organización social para la colaboración de los equipos de investigación. Por su parte, aplicando la noción de O-F, hipostasiamos al objeto de conocimiento al acentuar el déficit permanente de claridad y precisión de los problemas de investigación, sus conceptos y métodos que ocurren en el fondo de la colaboración científica y donde, empleando el enfoque de la traducción, podemos observar cómo entran en relación y compenetración los sujetos, los objetos y los métodos de investigación, sin necesidad de hipostasiar *a priori* o *a posteriori* ninguno de ellos.

En términos propositivos, considero que la noción de interdisciplinariedad se ha vuelto un instrumento prescriptivo de muy escaso nivel explicativo de la reconfiguración tecnocognoscitiva, de manera que intentar revigorizarlo significaría relanzar su aspecto normativo. La idea de objeto-frontera es muy interesante para dar cuenta del surgimiento y desarrollo de nuevos dominios de investigación colegiada y podría ser vigorizada con aspectos epistemológicos sobre el papel colegiado de los O-F. Y, finalmente, la noción de traducción, que estando asentada en un mecanismo de mezcla de entidades y elaboración de una tercera inédita permite dar cuenta epistemológicamente de la reconfiguración social del conocimiento y la tecnología. En los esquemas analíticos y explicativos de los enfoques de los O-F y, sobre todo en la noción de traducción, los investigadores tienen en sus

manos instrumentos epistemológicos de base que deben mejorarse para el estudio de la reconfiguración del conocimiento, en particular, y de la producción de la tecnociencia en general.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arellano Hernández, A, (1995), "L'hybridation du maïs et des agriculteurs dans les Hautes vallées du Mexique, la production des objets techniques agricoles", tesis de doctorado, Quebec, Université Laval.

— (1997), "Diez años de intentos interdisciplinarios en el Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias", en Rivera Herrerón, G. *et al.*, *Investigación para el desarrollo rural. Diez años de experiencias del CICA*, México, UAEMEX, pp. 3-24.

— (1999), *La producción social de objetos técnicos agrícolas*, México, UAEMEX.

— (2010), "Antropología: contribución de las etnografías de laboratorio al programa de la Antropología", en Corona Treviño, L. (coord.), *Enfoques de la innovación ante la sociedad del conocimiento*, México, Plaza y Valdés/UNAM.

— (2011), "Representación matemática de una terapéutica: circulación de inscripciones tecnocientíficas en el tratamiento de la litotripsia extracorporal", *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, vol. 18, Nº 3, pp. 829-849.

Akrich, M. *et al.* (2006), *Sociologie de la traduction. Textes fondateurs*, París, École des Mines.

Arvanitis, R. *et al.* (2008), "Sciences, savoirs et mondialisations, Science & Devenir de l'Homme", *Cahiers du M.U.R.S.*, vol. 57-58, pp. 48-69.

Barnes, B. *et al.* (1996), *Scientific Knowledge*, Londres, Athlone.

Ben David, J. y R. Collins (1966), "Social Factors in the Origins of a New Science: The Case of Psychology", *American Sociological Review*, vol. 31, Nº4, pp. 451-465.

— *et al.* (1966), *La universidad en transformación*, Barcelona, Seix Barral.

Bernal, J. (1981), *La ciencia en la historia*, México, UNAM-Nueva imagen.

Bloor, D. (1982), *Sociologie de la logique ou les limites de l' èpistemologie*, París, Pandore.

Bush, V. (1945), *Science-The Endless Frontier: A report to the President on a Program for Postwar Scientific Research*, Washington, National Science Foundation [en español: "Ciencia, la frontera sin fin", *Redes*, vol. 7, Nº 14, Bernal, Universidad Nacional de Quilmes, 1998, pp. 89-137].

Callon, M. (1986a), "The sociology of an actor-network: The case of the electric vehicle", en Callon, M. *et al.* (eds.), *Mapping the Dynamics of Science*

and Technology: Sociology of Science in the Real World, Londres, Macmillan, pp. 19-34.
— (1986b), *Éléments pour une sociologie de la traduction: La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc*, París, L'Année Sociologique [en español: Callon, M. (1995), "Algunos elementos para una sociología de la traducción: la domesticación de vieyras y los pescadores de la bahía de Saint Brieuc", en Iranzo, J. M. *et al.* (comps.), *Sociología de la ciencia y la tecnología*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, pp. 259-282].
Callon, M. y B. Latour (1991), *La science telle qu'elle se fait*, París, La Découverte.
Cambrosio, A., *et al.* (2006), "Objetividad regulatoria y sistemas de pruebas en medicina: el caso de la cancerología", *Convergencia Revista de Ciencias Sociales*, vol. 13, Nº 42, pp. 135-152.
Carles, M. (1933), *Rapport de M. F. Carles, Préfet de Constantine*, Constantine, Adolphe Braham.
Casas, R. (2001), "Espacios emergentes de conocimiento en las regiones: hacia una taxonomía", en Casas, R. (coord.), *La formación de redes de conocimiento*, Barcelona, Anthropos/IIS-UNAM, pp. 13-34.
Comte, A. (1905), *Auguste Comte. Cours de philosophie positive. Extrait à l'usage des candidats aux baccalauréats (leçons I, II, III et X), précédé d'un exposé sommaire de la vie et de l'oeuvre du fondateur du Positivisme (par P. Laffitte)*, París, Librairie Ch. Delagrave [en español: Comte, A. (1973), *Curso de filosofía positiva*, Buenos Aires, Aguilar].
De Kerckhove, D. (2000), *L'intelligence des réseaux*, París, Odile Jacob.
Favela, R. *et al.* (2005), "CT attenuation value and shockwave fragmentation", *Journal of Endourology*, vol. 19, Nº 1, pp. 5-10.
Fernández, F. *et al.* (2009a), "Treatment time reduction using tandem shockwaves for lithotripsy: an in vivo study", *Journal of Endourology*, vol. 23, pp. 1247-1253.
— (2009b), "The importance of an expansion chamber during standard and tandem extracorporeal shockwave lithotripsy", *Journal of Endourology*, vol. 23, pp. 693-697.
Field, J. (2003), *Social Capital*, Londres, Routledge.
Foucault, M. (1963), *Naissance de la clinique. Une archéologie du regard médical*, París, Presses Universitaires de France [en español: *El nacimiento de la clínica: una arqueología de la mirada médica*, México, Siglo XXI Editores, 1980].
— (1966), *Les Mots et les Choses. Une archèologie des sciences humaine*s, París, Gallimard [en español: *Las palabras y las cosas: una arqueología de las ciencias humanas*, México, Siglo XXI Editores, 1968].

— (1971), *L`ordre du discours*, París, Gallimard [en español: *El orden del discurso*, Barcelona, Tusquets, 1973].
— (1975), *Surveiller et punir. Naissance de la prison*, París, Gallimard [en español: *Vigilar y castigar: nacimiento de la prisión*, México, Siglo XXI Editores, 1976].
Fountain, J. (1997), "Social Capital: A Key Enabler of Innovation in Science and Technology", en Branscomb, L. M. y J. Keller (eds.), *Investing in Innovation: Toward a Consensus Strategy for Federal Technology Policy*, Cambridge, The MIT Press.
Garduño Arteaga, L. *et al.* (1999), *Litiasis urinaria*, México, Intersistemas.
Gibbons, M. *et al.* (1994), *The new production of knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies*, Londres, Sage [en español: *La nueva producción del conocimiento: la dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*, Barcelona, Pomares-Corredor, 1997].
Gobierno de México (2008), "Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2008-2012 (PECYT)", México, Gobierno de México.
Granovetter, M. (1973), "The strength of weak ties", *American Journal of Sociology*, Chicago, The University of Chicago Press.
Gutiérrez J. *et al.* (2008), "Inactivation of bacteria inoculated inside urinary stone-phantoms using intracorporeal lithotripters", *Urological Research*, vol. 36, Nº1, pp. 67-72.
Habermas, J. (1987), *Teoría de la acción comunicativa I. Racionalidad de la acción y racionalización social*, Madrid, Altea-Taurus-Alfaguara.
— (2002), *L'avenir de la nature humaine. Vers un eugémisme libéral?*, París, Éditions Gakkunard [en español: *El futuro de la naturaleza humana: hacia una eugenesia liberal*, Barcelona, Paidós, 2002].
Haraway, D. (1995), *Ciencia, cyborgs y mujeres. La reinvención de la naturaleza*, Madrid, Cátedra.
Herrera, L. *et al.* (1983), "Expression of Chimaeric genes transferred into plant cells using a Ti-plasmid-derived vector", *Nature*, vol. 303, Nº 19, pp. 209-213.
Hess, D. (2007), "Crosscurrents, Social Movements and the Anthropology of Science and Technology", *American Anthropologist*, vol. 109, Nº3, pp. 463-472.
Hurtado, F. *et al.* (2006), "In-Vivo Relation between CT Attenuation Value and Shockwave Fragmentation", protocolo de investigación.
— (2007), "In-Vivo Relation between CT Attenuation Value and Shockwave Fragmentation", *Journal of Endourology*, vol. 21, Nº 3, pp. 343-346.

Jasanoff, S. (2006), "Biotechnology and Empire: The Global Power of Seeds and Science", *Osiris*, vol. 21, pp. 273-292.

Knorr-Cetina, K. (1981), *Manufacture of Knowledge: An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science*, Oxford, Pergamon Press [en español: *La fabricación del conocimiento: un ensayo sobre el carácter constructivista y contextual de la ciencia*, Bernal, Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes, 2005].

Latour, B. (1998), "La sociología de las ciencias y técnicas en todos sus estados. Conversación con Bruno Latour", *Revista Argumentos. Estudios Críticos de la Sociedad*, vol. 30, pp. 117-127.

— y S. Woolgar (1979), *Laboratory life. The Social Construction of Scientific Facts*, Londres y Beverly Hill, Sage [en español: *La vida en el laboratorio: la construcción de los hechos científicos*, Madrid, Alianza Editorial, 1995].

Loske, A. (2009), "The role of energy density and acoustic cavitation in shockwave lithotripsy", *Ultrasonics*, vol. 50, Nº 2, pp. 300-305.

— *et al.* (2003), "Conversion of an HM3 lithotripter into a research device", *Journal of Endourology*, vol. 17, Nº 9, pp. 709-717.

— y F. Prieto (1998), "First in vitro experiments using a new reflector to concentrate shock waves for extracorporeal shock wave lithotripsy", *Journal of Acoustic Society American*, vol. 103, Nº 5, pp. 3072-3072.

— (2001), "Dual-phase for extracorporeal shock wave lithotripsy", *Physica Medic*, vol. 17, Nº 3, pp. 141-149.

— (2002), "Pressure-release versus rigid reflector for extracorporeal shockwave lithotripsy", *Journal of Endourology*, vol. 16, Nº 5, pp. 273-280.

— y J. López (1996), "Primer tratamiento de litotripsia extracorporal en un perro usando un generador de ondas de choque experimental hecho en México", *Revista Veterinaria*, vol. 27, Nº 1, pp. 41-48.

— *et al.* (2004a), "Evaluation of a Bifocal Reflector on a Clinical Lithotripter", *Journal of Endourology*, vol. 18, Nº 1, pp. 7-16.

— *et al.* (2004b), "Out-of-focus shockwaves: a new tissue-protecting therapy?", *Archivio Italiano di Urologia, Andrologia*, vol. 76, Nº 4, pp. 159-162.

Louvel, S. (2005), "La construction locale des laboratoires. Approche ethnographique de dynamiques d'évolution de laboratoires académiques en France", tesis de doctorado, París, Université Pierre Mendès France.

Lynch, M. (1985), *Art and artifact in laboratory science. A study of shop work and shop talk in a research laboratory*, Boston, Routledge & Kegan Paul.

— y R. McNally (2006), "Encadenando a un monstruo: la producción de representaciones en un campo impuro", *Convergencia, Revista de Ciencias Sociales*, vol. 44, Nº 13, pp. 15-45.

Martínez, R. (2006), "La construcción social de la física aplicada. El caso de la física de las ondas de choque aplicadas a la litotripsia extracorporal", tesis de doctorado, México, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Autónoma del Estado de México.

Merton, R. (1973), *The Sociology of Science. Theoretical and Empirical Investigations*, Chicago, The University of Chicago Press [en español: *La sociología de la ciencia: investigaciones teóricas y empíricas*, Madrid, Alianza Editorial, 1977].

Mues, E. J. *et al.* (2007), "Percutaneous renal access: a simplified approach", *Journal of Endourology*, vol. 21, Nº 11, pp. 1271-1275.

Negrete Pulido, O. *et al.* (2010), "Percutaneous Renal Access: The Learning Curve of a Simplified Approach", *Journal of Endourology*, vol. 24, Nº 3, pp. 457-60.

OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) (1972), *L'interdisciplinariété. Problemes d'enseignement et de recherche dans les universités*, París, OCDE-CERI.

Piaget, J. (1970), *L'épistémologie des relations interdisciplinaires, séminaire de l'OCDE*, París, OCDE.

— (1975), "La epistemología de las relaciones interdisciplinarias", en Apostel, L. (coord.), *Interdisciplinariedad, problemas de la enseñanza y de la investigación en las universidades*, México, ANUIES.

— (1979), *Lógica y conocimiento científico*, Buenos Aires, Proteo.

Price, D. (1963), *Little science, big science,* Nueva York, Columbia University Press.

Prieto, F. y A. Loske (1999), "Bifocal Reflector for Electrohydraulic Lithotripters", *Journal of Endourology*, vol. 13, Nº 2, pp. 65-75.

Quintero, Ma. del S. *et al.* (2008), "Interaction of shock waves with bacteria inoculated inside artificial kidney stones: Is there a bactericidal effect?", *Journal of Endourology*, vol. 22, Nº 8, pp. 1629-1638.

RAC (*Revue d'Anthropologie des Connaissances*) (2011), "Circulation et connexite mondiale des savoirs: éléments d'anthropologie des connaissances en Amérique Latine / Circulación y vinculación mundial de conocimientos: elementos de la antropología de los conocimientos en y sobre América Latina", <www.ird.fr/socanco/article191.html>, consultado el 11 de abril de 2012.

Star, S. (2010), "'Ceci n'est pas un objet-frontière!' Réflexions sur l'origine d'un concept", *Revue d'Anthropologie des Connaissances*, vol. 4, Nº 1, pp. 18-35.

— y J. Griesemer (1989), "Institutional ecology, 'Translations', and Boundary objects: amateurs and professionals on Berkeley's museum of vertrebate zoologie", *Social Studies of Science*, vol. 19, Nº 3, pp. 387-420.
Trompette, P. y D. Vinck (2009), "Retour sur la notion d'objet-frontière", *Revue d'Anthropologie des Connaissances*, vol. 3, Nº 1, pp. 5-27.
Unesco (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) (1970), "La formación de los maestros para y por la interdisciplinariedad", París, Informe final (ED/MD/12).
— (1998), *Declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI: visión y acción, conferencia mundial sobre la educación superior*, París, Unesco.
Verchère, C. y E. Anjembe (2010), "De la difficulté de fabriquer des objets-frontières, Le cas d'un projet de conception exploratoire", *Revue d'Anthropologie des Connaissances*, vol. 4, Nº 1, pp. 36-64.
Vinck, D. (2000), *Pratiques de l'interdisciplinarité, Mutations des sciences, de l'industrie et de l'enseignement*, Grenoble, Presses Universitaires de Grenoble.
— (2007), *Dynamique des débats autour des nanotechnologies, vue depuis l'anthropologie des laboratoires*, París, EHESS (Marseilles).
— (2009), "De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière", *Revue d'Anthropologie des Connaissances*, vol. 3, Nº 1, pp. 51-72.
Zarama, G. y D. Vinck (2006), "Fusion interne et intégration de laboratoires: qu'est-ce qu'un collectif de recherche? ", en Vinck, D., *Sciences, innovation technologique et société*, Grenoble, Presses Universitaires de Grenoble, pp. 191-207.

Entrevistas y comunicaciones personales

Fernández, F. (2004), entrevista personal realizada el día 10 de octubre.
Loske, A. (2005), entrevista personal realizada entre los días 28 y 30 de septiembre.
Loske, A., J. Gutiérrez y becarios: notas de la reunión del grupo de investigación sobre litotripsia extracorporal en el CFATA el 25 de mayo de 2005.
Arellano Hernández, A.: notas de campo realizadas entre 1997 y 2009 (audiograbaciones, fotografías y notas escritas).

Artículo recibido el 13 de abril de 2012.
Aceptado para su publicación el 3 de junio de 2012.