



História, Ciências, Saúde - Manguinhos

ISSN: 0104-5970

hscience@coc.fiocruz.br

Fundação Oswaldo Cruz

Brasil

Arellano, Antonio

Representación matemática de una terapéutica: circulación de inscripciones tecnocientíficas en el tratamiento de la litotripsia extracorporal

História, Ciências, Saúde - Manguinhos, vol. 18, núm. 3, julio-septiembre, 2011, pp. 829-849

Fundação Oswaldo Cruz

Rio de Janeiro, Brasil

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=386138056013>

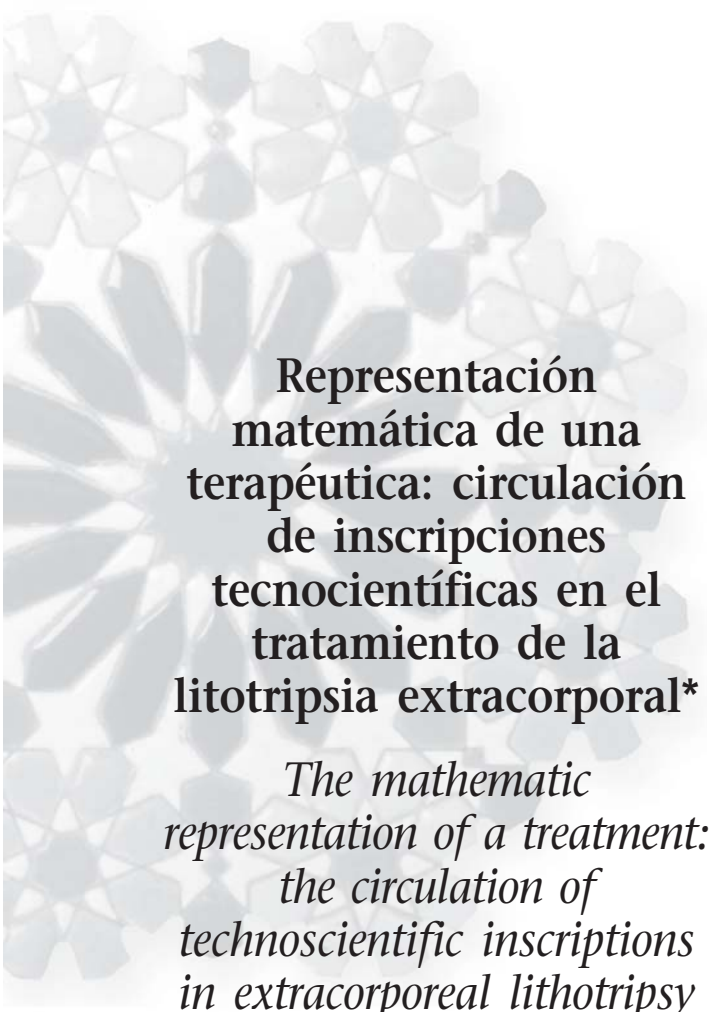
- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto



Representación matemática de una terapéutica: circulación de inscripciones tecnocientíficas en el tratamiento de la litotripsia extracorporeal*

*The mathematic
representation of a treatment:
the circulation of
technoscientific inscriptions
in extracorporeal lithotripsy*

Antonio Arellano

Profesor e investigador del Laboratório
Tecnociencia-Sociedad/Instituto de Estudios sobre la
Universidad/Universidad Autónoma del Estado de México.
Ciudad Universitaria
Paseo Tollocan, 1402/poniente
50110 – Toluca – México
aah@uaemex.mx.

Recebido para publicação em abril de 2010.
Aprovado para publicação em abril de 2011.

ARELLANO, Antonio. Representación matemática de una terapéutica: circulación de inscripciones tecnocientíficas en el tratamiento de la litotripsia extracorporeal. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, Rio de Janeiro, v.18, n.3, jul.-set. 2011, p.829-849.

Resumen

La noción estandarizada en las ciencias sociales en torno a la representación se refiere a los conocimientos expresados en el lenguaje provenientes de elaboraciones supraindividuales. Esta noción enfatiza el sustento social del conocimiento, pero minimiza los sustentos materiales y simbólicos que le son inherentes y sin los cuales no podría ser cabalmente comprendido. Sostengo que la circulación de inscripciones heterogéneas soporta la elaboración de las representaciones y para demostrarlo analizo las prácticas del mejoramiento de una terapéutica para cálculos renales, mostrando cómo los científicos ponen en circulación una serie de objetos, animales, modelos, textos, etc., hasta transformarlos en una representación matemática de una terapéutica.

Palabras clave: representación social; circulación de inscripciones; etnografía tecnocientífica; litotripsia extracorporeal.

Abstract

Within the social sciences, the standardized notion of representation refers to knowledge expressed through language and sourced from supra-individual thought processes. This notion underscores the social foundation of knowledge while minimizing its inherent material and symbolic foundations, without which it cannot be wholly understood. The article argues that the circulation of heterogeneous inscriptions underpins the elaboration of representations. To demonstrate this, I analyze practices intended to improve a therapeutic treatment for kidney stones and show how scientists place a series of objects, animals, models, texts, and so on in circulation, eventually transformed into the mathematic representation of a treatment.

Keywords: social representation; circulation of inscriptions; technoscientific ethnography; extracorporeal lithotripsy.

En 1898, en el texto “Représentations individuelles et représentations collectives” (Representaciones individuales y representaciones colectivas), Durkheim (1898) presentaba el estado del arte de la polémica sobre la explicación de las leyes de la vida social entre las corrientes psicológicas y sociológicas y, de cómo esta polémica tomaba el tema de las representaciones como un terreno de disputa.

Hace más de cien años, el tema de la representación social se ha desplegado en el asunto de la elaboración de representaciones de los colectivos llamados premodernos, como lo hicieron Levy-Bruhl, Lévi Strauss, Goody, etc.; de la construcción de conocimientos en la historia de las personas tales como Luria y Vygotsky; de los colectivos en la sociedad moderna entendidas como imaginarios sociales desarrollado por Castoriadis (1989, 1999); de la difusión de las representaciones sociales escrito por Moscovici (1979, 2002, 2003), entre otros asuntos y autores.

A la conceptualización de las representaciones, la epistemología modernista de los autores que la han abordado ha dividido dicotómicamente a los actores que la poseen o no y a los que emplean estas diferencias como fuente de demostración; así tenemos las divisiones entre representaciones individuales/colectivas, grupos primitivos/grupos modernos, racionalidad/irracionalidad, etc.

La epistemología modernista de numerosos autores de la representación se ha expresado en dividir dicotómicamente a los actores capaces de representar de aquellos incapaces de emplear estas diferencias como fuente de demostración; así tenemos las divisiones entre representaciones individuales/colectivas, grupos primitivos/grupos modernos, racionalidad/irracionalidad, etc.

En nuestro caso, evitaremos utilizar categorías dicotómicas y nos daremos el trabajo de mostrar las vías de circulación de las inscripciones que ocurren durante una investigación para apreciar cómo se construyen las representaciones en los colectivos. Para ello, explotaremos los datos obtenidos del seguimiento de las actividades de investigación de un grupo de físicos, urólogos y veterinarios encaminadas a mejorar una técnica no invasiva de destrucción de cálculos renales, denominada litotripsia extracorporal. Esta aproximación se basa en el recurso de la observación etnográfica y permite tratar temas clásicos de las ciencias sociales evadiendo las distinciones que comúnmente se adoptan para tratar por separado los aspectos sociales y técnicos de la ciencia (Latour, Woolgar, 1995).

En el presente artículo abordamos el tema de la construcción de la representación social, proponiéndonos mostrar que la circulación de inscripciones está estrechamente ligada con la capacidad de los actores para poner en equivalencia elementos de orden material, simbólico y colectivo. Para lograr lo anterior, comenzaremos discutiendo los conceptos y métodos empleados frecuentemente en el estudio de la representación social. En seguida, presentaremos una definición propedéutica de representación que empleamos como guía de nuestras observaciones etnográficas; en seguida, haremos un interludio que nos permitirá exponer sucintamente la terapéutica denominada litotripsia extracorporal para ubicar al lector en el laboratorio al que le introducimos; después, examinaremos las prácticas del mejoramiento de la litotripsia dentro de un experimento *in vivo*, mostrando cómo los científicos ponen en circulación una serie de objetos (en este caso, animales y tipos artificiales de cristales) hasta transformarlos en inscripciones matemáticas. Y, finalmente, discutiremos

una conclusión que aporta elementos a la consideración según la cual la circulación de inscripciones heterogéneas está asociada a la elaboración de las representaciones.

Las discusiones sobre el tema de la representación social

Durkheim emprendió el estudio del conocimiento colectivo y de las formas simbólicas en su texto *Représentations individuelles et représentations collectives* (Durkheim, 1898). En oposición a la idea de representaciones individuales sostenidas por los psicólogos de la época, la noción de representaciones colectivas, acuñada por Durkheim, correspondía con los conceptos y las categorías abstractas que son producidas colectivamente y que forman el acervo cultural de una sociedad (Durkheim, 1898).

A Durkheim (1898, p.40) le interesaba establecer que “los fenómenos sociales son hechos específicos” y con ello dar un espacio específico a la sociología.

En colaboración con Mauss, Durkheim tomó como estudio de caso las formas primitivas de clasificación y representación para avanzar en la explicación sociológica de las representaciones sociales distinta de las definiciones psicológico-individuales y biológicas (Durkheim, Mauss, 1903).¹ Ellos consideraban que los psicólogos daban un trato ingenuo a las operaciones mentales. A su juicio, “las facultades de definir, de deducir, de inducir, son igualmente consideradas como inmediatamente dadas en la constitución del entendimiento individual” (p.1). Para ellos, las primeras categorías primitivas han sido sociales, “las fatrias son los primeros géneros y los clanes las primeras especies Las cosas estaban llamadas a ser parte integrante de la sociedad y su lugar en la sociedad determinaba su lugar en la naturaleza” (p.67).

En *Les formes élémentaires de la vie religieuse*, Durkheim (1912) retoma el tema de la representación para elaborar una teoría de la vida religiosa y, simultáneamente, mostrar empíricamente los hechos sociales. Durkheim pone de manifiesto que la religión es un hecho social, al considerar que el totemismo es una idea religiosa concreta que se expresa en la constitución heterogénea de palabras, gestos y objetos sagrados con los que los primitivos representan las creencias que éstos evocan y las prácticas a las que dan lugar. Las nociones de representación individual y colectiva acuñadas por Durkheim se expresan en la frase siguiente:

las conciencias individuales, en sí mismas, están cerradas unas a otras, sólo pueden comunicarse por medio de signos donde se traducen sus estados interiores. Para que la relación que se establece entre ellas (las conciencias individuales) pueda culminar en una comunión ... en un sentimiento común, es necesario que todos los sentimientos particulares lleguen a fundirse en un sola y única resultante ..., la que advierte a los individuos que están al unísono y que los hace tomar conciencia de su unidad moral. Lanzando un mismo grito, pronunciando una misma palabra, ejecutando un mismo gesto relativo a un mismo objeto, se ponen y se sienten de acuerdo (p.329-330).

Para las representaciones colectivas aclara: “Ellas suponen que las conciencias accionan y reaccionan unas sobre otras; ellas resultan de estas mismas acciones (las referidas para las representaciones individuales) y de estas reacciones que sólo son posibles gracias a intermediarios materiales” (Durkheim, 1912, p.330).²

Posterior a estos trabajos, los estudios de la representación tomaron dos rutas principales: (a) antropología de las representaciones y (b) psicología social y sociología de las representaciones, aunque recientemente se han desarrollado (c) recursos distintos de los dos anteriores.

(a) La antropología de las representaciones sirvió a varias generaciones de antropólogos para establecer una distinción entre representaciones primitivas y modernas, orientada a sustentar la división entre sociedades pre y modernas. Así, Lévy-Bruhl basó su análisis en una diferencia entre mentalidad primitiva y moderna, asignando un carácter pre-lógico y lógico. En la mentalidad primitiva existiría una 'homogeneidad esencial' entre el 'primitivo', la naturaleza y sus semejantes que rendiría innecesario el establecimiento de clases, géneros y especies como ocurre en el pensamiento lógico (Lévy-Bruhl, 1996).

Para Lévi-Strauss (1976), el pensamiento salvaje atribuido a los primitivos tiene todas las características para tomar el universo no sólo como objeto para satisfacer sus necesidades primarias, como sostenían otros antropólogos, sino ser el tema mismo del pensamiento. Lévi-Strauss afirmaba que tanto salvajes como civilizados contaban con conocimiento científico. Pero esta concesión al pensamiento salvaje rápidamente desvanecía al diferenciar las culturas 'primitivas' de las 'avanzadas', asignando a las primeras un pensamiento salvaje capaz de avanzar en las artes, en tanto que a las segundas, uno domesticado competente para las verdaderas ciencias. Los salvajes producían representaciones prisioneras de la concreción y los occidentales elaboraban verdaderas representaciones abstractas.

Frente a las dicotomías anteriores y negando la gran división entre modernos y primitivos, Goody (1979) ha acuñado la noción de tecnología intelectual, entendida como las prácticas que comprometen las capacidades cognitivas, las disponibilidades materiales y las formas sociales para inscribir el mundo. Partiendo de una antropología de la escritura, ha elaborado una teoría de la domesticación del pensamiento "como una relación entre los medios de comunicación y los modos de pensamiento" (p.57) que puede observarse etnográficamente en la elaboración de las representaciones inscritas como la escritura. Para Goody, la actividad intelectual de cualquier cultura está determinada por la forma en la que se inscriben y se registran los conocimientos.

Rescatando los elementos útiles para dar cuenta de la construcción de las representaciones, retomamos de Durkheim y Mauss la idea de representaciones colectivas en las que las cosas están llamadas a ser parte de la sociedad y pueden constituirse en objetos materiales, símbolos y prácticas sociales. De Goody retenemos su noción de tecnología intelectual que permite estudiar la representación como inscripción de traducciones de elementos naturales, simbólicos sociales y artefactuales que son inscritas en forma lingüística, gesticulatoria y objetual y que son movilizadas por los actores para brindar imágenes, conceptos y artefactos indispensables para la vida de los colectivos.

Pero estos conceptos no son aún suficientes para expresar las representaciones que ocurren en nuestras observaciones etnográficas. Veamos qué ocurre en las nociones de la psicología social y sociología.

(b) La derivación psicológica y sociológica de las representaciones se encuentra en los estudios cognitivos desarrollados por Vygotsky, quién en abierta oposición a la psicología

de los reflejos condicionados planteaba, de acuerdo con Kozulin, que “aunque los reflejos proporcionan el fundamento de la conducta no nos dicen nada sobre su ‘construcción’ (Vygotsky en Kozulin, 1995, p.40).³ En *Pensamiento y lenguaje*, Vygotsky (1995) avanza un programa de estudio observacional sobre la construcción del lenguaje sustentado en una perspectiva desarrollista que permitiera observar el ajuste entre encuadramiento conceptual y objeto de pensamiento.⁴

Los trabajos de Vygotsky han influido a otros autores, tal es el caso de Moscovici quién en *El Psicoanálisis, su imagen y su público* introduce el concepto de representación social⁵ a fin de explicar cómo, mediante el proceso de difusión e interiorización de contenidos, el conocimiento científico se transforma en sentido común que toma forma de representaciones. Para explicar lo anterior, Moscovici (1979) establece tres momentos cruciales. En el primero, las representaciones científicas son creadas por pequeños grupos de especialistas quienes se dedican exclusivamente a producir conocimiento. En el segundo, las representaciones son comunicadas a los legos, o bien son difundidas por diferentes contextos (especialmente los medios de comunicación), en donde atraviesan por procesos de anclaje y objetivación. Aquí se transforma el significado original de sus contenidos, asignándoles nuevos sentidos. En el tercero, las representaciones, que ya han sido integradas al sentido común, producen una reorganización social que cambia la manera en la que nos comportamos y nos interrelacionamos.

En esta versión, la noción de representación se ha utilizado para referirse a un conjunto de conocimientos contruidos y expresados en el lenguaje (Moscovici, 1979, 2002; Jodelet, 2002; Doise, 2002). El gran problema de las nociones derivadas de Moscovici es que “las representaciones científicas son creadas por pequeños grupos de especialistas” (Moscovici, 1979, p.52): que debiera ser el programa fuerte de su constructivismo, pero queda fuera de su estudio. Esta gran ausencia ha conducido a descripciones triviales y teorías de la divulgación cognitiva que no alcanzan a explicar cómo se produce la representación de un mínimo artefacto significativo.

En el estudio de la representación del psicoanálisis, Moscovici (1979) ha enfatizado la diferencia entre la construcción de las teorías científicas, incluido el psicoanálisis, de las representaciones sociales; indicando que el paso de las primeras a las segundas “responde justamente a la necesidad de suscitar comportamientos o visiones socialmente adaptados al estado de los conocimientos de lo real” (p.51). Separando artificialmente las representaciones científicas de las sociales, entiende la elaboración de las representaciones sociales como su socialización; expresado en sus palabras del siguiente modo:

Ya no es suficiente, para calificar de social a una representación, definir al agente que la produce. ... Saber ‘quién’ produce estos sistemas es menos instructivo que saber ‘por qué’ se los produce. En otras palabras, para poder captar el sentido del calificativo social, más vale poner el acento en la función a la que corresponde que en las circunstancias y las entidades que refleja. Ésta le pertenece, en la medida en que la representación contribuye exclusivamente al proceso de formación de conductas y de orientaciones de las comunidades sociales (p.51-52).

El gran problema de este mecanismo diferenciador de Moscovici, es que dejó pendiente la tarea de elucidar la elaboración de las representaciones eruditas psicoanalíticas, asumiendo

cándidamente que éstas tuviesen una naturaleza social distinta de las representaciones de los ciudadanos franceses que estudió.

Respecto a la perspectiva de Berger y Luckmann, el trabajo clásico de Moscovici (1979) sobre la explicación de la construcción del sentido común a partir de las interacciones sociales cuando los conocimientos científicos (el psicoanálisis) son difundidos en la sociedad, estaría ubicado en el tercer momento berger-luckmanniano (el de la integración social del conocimiento).

En efecto, para estos autores, la construcción social de la realidad ocurre en tres momentos. Primeramente, las tipificaciones o representaciones mentales con las que los actores interactúan se vuelven habituales en el ámbito de los papeles recíprocos de la interacción; en seguida, ocurre una institucionalización cuando estos papeles recíprocos devienen disponibles a otros miembros en el proceso de su realización; finalmente el significado es integrado en otros individuos, y con ello el conocimiento es legitimado e institucionalizado; es decir, construido socialmente (Berger y Luckmann, 1997).

El gran problema que no resuelven Berger y Luckmann (1997) es cómo se construyen las primeras representaciones mentales que después se institucionalizan y continúan sus otros “momentos de construcción” (p.164).

Como podemos apreciar, el tema de las representaciones en la derivación psicológica y social ha sufrido una explicación circular cuando los autores han argumentado que las representaciones sociales son una construcción social; según esta idea, la sociedad sería simultáneamente productora y recipiendaria de las representaciones. Esta argumentación tiene, a nuestro juicio, tres problemas: por un lado se ha hipostasiado la dicotomía representaciones individuales/representaciones colectivas para tomar partido por las segundas; por otro, se ha perdido la idea de que las representaciones se traducen en dimensiones materiales, gesticuladas, etc., por lo tanto que su materialidad descansa no sólo en su socialidad. Ambos problemas estaban superados por Durkheim en la siguiente cita de *Les formes élémentaires de la vie religieuse*: “las representaciones colectivas pueden constituirse en objetos materiales, figuras, movimientos, palabras, etc.” (Durkheim, Mauss, 1912, p.431). Finalmente, nunca se explica cómo se construyen los “pequeños grupos de especialistas”, creadores de “las representaciones científicas” (Moscovici, 1979, p.52-53), digamos que no explica el surgimiento y el contenido científico del psicoanálisis y del freudismo y cómo se construyen las “primeras tipificaciones o representaciones mentales con las que los actores interactúan” en el proceso de habituación (Berger, Luckmann, 1997, p.76).

(c) Tres recientes enfoques pueden ser de gran ayuda al estudio de la representación. El de la etnometodología de la investigación tecnocientífica de Michael Lynch, el de las referencias circulantes y circulación de trazas de Bruno Latour y finalmente, la noción de traducción de Michel Serres.

Encuadrados en el programa de la etnometodología⁶ (Lynch, Woolgar 1990), Michael Lynch y Ruth McNally (2006) han abordado la rutinización de la representación en el mundo contemporáneo tomando como ejemplo el estudio sobre la obtención de perfiles de ADN. Aquí, ellos muestran cómo los policías y los científicos forenses del Reino Unido

construyen una cadena de representaciones⁷ y una ‘cadena de custodia’ en la que evidencias (muestras de todo tipo), cuidadosamente recolectadas, etiquetadas y transportadas, son analizadas y negociadas para que un jurado pueda legitimar que los perfiles de ADN utilizados como prueba corresponden con el verdadero asesino. Desde el enfoque de estos autores, la representación implica una compleja organización de los objetos que es sostenida por dispositivos técnicos y por las prácticas altamente especializadas de los científicos, pero que también envuelve las acciones de agentes con perfiles distintos y diversos mecanismos estandarizados y normalizados.

Las tesis de Goody y de la etnometodología han sido retomadas por Latour en los trabajos sobre las referencias circulantes (Latour, 2001) y ‘la circulación de trazas’ (Latour, Hermant, 2011; Arellano, 2010). Desde esta perspectiva, lo relevante es que las inscripciones no sólo figuran como objetos que se presentan al paso de los actores, antes bien, el lugar que ocupan en las prácticas, las funciones que cumplen y la forma en que son movilizadas, nos enseñan los complicados arreglos por los que pasan múltiples elementos antes de convertirse en representaciones organizadas del mundo.

La noción de traducción es una noción metodológica que ha sido desarrollada por Michel Serres⁸ a lo largo de una obra abundante que ha servido de demostración (Arellano, 2000). Esta noción ha sido retomada por toda una corriente de investigadores que han estado estudiando el fenómeno tecnocientífico y por nosotros mismos en trabajos previos.

Nos parece que las nociones de cadenas de custodia, de circulación de trazas y la idea de traducción nos ofrecen una alternativa para entender las características de los procesos representativos. Con estas nociones, podemos dar cuenta de cómo los actores construyen nuevas entidades a partir de la mezcla de dos o más formas con orígenes y temporalidades diferentes, las cuales son hechas equivalentes si sus características son factibles y susceptibles de una transposición de sus significantes y sus significados para resultar en una nueva entidad (Arellano, 2000).

En resumen, retenemos de Durkheim y Mauss la idea de que las representaciones colectivas pueden constituirse en objetos materiales, símbolos y prácticas sociales. De Goody, la noción de tecnología intelectual que posibilita ver la representación como inscripción de traducciones de elementos naturales, simbólicos sociales y artefactuales que son inscritas en forma lingüística, gesticulatoria y objetual. De Lynch y McNally, el encadenamiento de las representaciones y los mecanismos de su estandarización que constituye la sociedad ordinaria. De Latour, la noción de referencias circulantes y circulación de trazas y la noción metodológica de traducción desarrollada por Michel Serres. Y rechazamos la explicación circular cuando los autores han argumentado que las representaciones sociales son una construcción social y suponen con esto que su materialidad descansa en su socialidad y cuando depositan la construcción en el momento de la difusión de las representaciones, olvidando estudiar el proceso mismo de construcción de las representaciones.

Así, después de haber hecho una indagación sobre los debates relacionados con la representación, nosotros proponemos como guía de indagación que:

El hombre realiza continuamente traducciones de elementos naturales, simbólicos, sociales y artefactuales que son inscritas en forma lingüística, gesticulatoria y objetual, y que son movilizadas por los actores para brindar imágenes, conceptos y artefactos

indispensables para la vida de los colectivos. Esto significa que: las traducciones son entidades inéditas resultado del intercambio de propiedades simbólicas, materiales y sociales entre elementos de orden heterogéneo, las cuales son producidas por la acción de los colectivos quienes las presentan (las representan) como conocimientos, artefactos y formas sociales. Las inscripciones son simultáneamente re-presentaciones del mundo e instrumentos traducidos; son producto de la interacción entre tecnologías intelectuales y colectivos específicos; sirven como instrumentos conceptuales, epistemológicos, artefactuales y tecnológicos, en los que su eficacia depende de la capacidad de intercambiar pertinente y eficazmente las propiedades de los elementos traducidos. Los actores movilizan las inscripciones cambiando incesantemente su presentación y cuando llegan a estabilizarse y adecuarse de modo eficaz conforman la representación simbólica, artefactual y social del mundo (Arellano, en Guerrero, 2007, p 29).

Esto es compatible en cierto modo con la noción de cadena operatoria de Mauss, según la cual la tecnicidad, entendida como un “hecho social total”, consiste en una serie de actos y de representaciones montadas y remontadas colectivamente, un saber tácito que deviene necesario, una razón práctica habitual, perpetuamente eficaz, puesto que ella constituye nuevas relaciones en tanto que se practica (Mauss, 1927, 1934; Arellano, 1999).⁹

Interludio y propedéutica sobre la litotripsia extracorporal por ondas de choque

La litotripsia extracorporal por ondas de choque (LEOCh) es una terapéutica no invasiva, surgida a finales de 1970 en Alemania para curar ciertas formas de litiasis. Esta enfermedad consiste en la formación de cálculos en una cavidad o conducto del organismo, principalmente en las vías biliares o urinarias y la LEOCh se fundamenta en la generación de ondas de choque de baja intensidad para fragmentar cálculos renales y biliares.

Las ondas de choque son un fenómeno físico que se produce generando un rompimiento eléctrico en el agua. Entre los más conocidos métodos de producción de ondas de choque se encuentra la detonación de electrodos, la excitación de cristales piezoeléctricos, la concentración de energía de rayo láser y otros (Loske, 1990). El efecto de fracturación de los cristales de los cálculos se produce debido a la fuerza de compresión y descompresión molecular que ocurre en un ciclo de onda. En los tratamientos de litotripsia, las ondas de choque son conducidas en agua y pasan al cuerpo humano mediante una membrana de plástico y son dirigidas donde, por medios de ecoacústica, se localizan los cálculos renales de los pacientes (Prieto, Loske, 1991; Prieto, Loske, Yarguer, 1991).

Esta técnica funciona por la acción conjunta de litotriptores y urólogos especializados en el manejo de dichos equipos y, desde febrero de 1980, ha sido aplicada exitosamente a millones de pacientes aquejados de litiasis en todo el mundo.

En 1980 ya se realizaban tratamientos en Alemania y en 1984 se abrieron seis centros de litotripsia en Estados Unidos y uno en Japón (Loske, Prieto, 1999, p.3). Hasta 1999, había más de mil quinientos litotriptores en treinta países, con los cuales se habían realizado exitosamente más de cinco millones de tratamientos (p.4).

En México, el estudio de la litotripsia se inició a mediados de los años 1980 con la construcción de un equipo experimental realizado por un grupo de físicos del Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México (Arellano, Martínez, 2006, p.78-95).

En los últimos años, los científicos se han venido concentrando en la invención de técnicas que mejoren la ‘eficiencia de fragmentación de cálculos’ de los litotriptores y que simultáneamente disminuyan las lesiones provocadas por el tratamiento; ese es el objeto demostrativo de este artículo.

La circulación de representaciones en la investigación de la LEOCh

A continuación vamos a ilustrar los desplazamientos de las inscripciones que en un grupo de físicos de las ondas de choque y de urólogos pondrían en circulación para arriba una ecuación matemática con la que intentarían representar la aplicación exitosa de la terapéutica LEOCh.

Como punto de partida tomaremos la ruta trazada en una tabla que guía a los investigadores durante la ejecución de un experimento *in vivo*. Nuestro foco de atención son los andamios por los que hacen circular sus conceptos, objetos y actos antes de convertirlos en datos compartidos por los participantes.

El proceso de movilización de objetos y su transformación continua es aquí supervisado y dirigido por el doctor Loske, un físico del Laboratorio de Ondas de Choque¹⁰, quien actúa como organizador de los experimentos. Siguiendo sus pasos, pasaremos de una tabla escrita a mano en una hoja pegada en la pared de un quirófano a una tabla que se exhibe como demostración en un artículo científico y un libro de la física de ondas de choque escrito para médicos urólogos (Loske, 2007). En esta travesía, daremos cuenta del camino que recorren cerdos, riñones, modelos de cálculos renales, investigadores, tomografías, cifras, métodos, saber-hacer, ondas de choque y datos dentro de prácticas heterogéneas para convertirse en objetos científicos y en terapéuticas urológicas confirmadas, sintetizadas en coeficientes.

La ruta a seguir se extiende, por supuesto, más allá del experimento que aquí describimos. En esta circulación, las inscripciones, que contiene la tabla presentada en el artículo y libro, envuelven repeticiones del mismo experimento y procesos de laboratorio estabilizados luego de su desarrollo. Así pues, para describir cómo se construye una representación coherente y confiable de los parámetros de fragmentación de los cálculos, veremos cómo objetos mundanos son puestos en circulación, siendo expedidos y recogidos, preservados y sintetizados, desplazados y, sobre todo, transformados y puestos en equivalencia con otras inscripciones.

El movimiento de inscripciones en la ejecución del experimento *in vivo*

En la parte trasera del Nuevo Hospital Universitario de Guadalajara se encuentra la Unidad de Investigaciones en Ciencias de la Salud. En ese lugar, un grupo de urólogos y veterinarios ha comenzado a preparar soluciones, aparatos, animales e instrumentos quirúrgicos que utilizarán en el experimento de ese día.

Luego de preparar sus utensilios y ropas de trabajo, se reúnen con el doctor Loske, quien rápidamente les resume el plan de lo que hay que hacer remarcando: “desafortu-

nadamente, ayer no le acertamos a los cálculos, lo complicado de hoy va a ser tener listos los cerditos para la tomografía, así que no hay tiempo que perder” (Loske, 23 oct. 2004).

Esta frase del doctor Loske resume la imposibilidad de haber fijado la identidad de los “cálculos impactados con ondas de choque” (Loske, 23 oct. 2004). Todo el protocolo realizado en el día anterior resultó infructuoso para lograr precisar esa inscripción buscada. Por lo que el doctor Loske convoca a su equipo a repetir el protocolo de día anterior. Urólogos y veterinarios toman inmediatamente sus lugares, pero ¿de qué se trata el experimento? ¿Cómo saben los pasos precisos de lo que hay que hacer?


Todo el experimento se sintetiza en la hoja ‘HU vs TC *in vivo*’. El doctor Loske ha escrito una tabla, trazado los pasos que deberán de seguir urólogos y veterinarios para alcanzar el objetivo del ensayo. La tabla fija un espacio de representación e intervención que introduce y describe a urólogos y veterinarios dentro de un programa de acción que pone en relación modelos de cálculo renal, cerdos, riñones izquierdos y derechos, número de ondas de choque a aplicar y tipo de tratamiento (Tabla 1).

Los signos que se encuentran en la parte superior (“modelo #”, “cerdo #”, “tipo” y “lado”) de la tabla, ordenan los números, los dibujos y las palabras abreviadas con los que se ha representado cada uno de los cerdos, tipos de cálculo y riñones que se utilizarán. La representación gráfica de estos elementos son los marcadores que los investigadores tendrán que seguir para poder saber qué hacer a cada paso de su camino dentro del experimento.

Tabla 1:

Inscripción del experimento

HU vs TC *in vivo*

Modelo#	Cerdo#	Tipo	Lado
15	6		izq.
15	6	–	der.
17	7	–	izq.
18	7	–	der.
19	8	–	izq.
20	8	–	der.
2.500 descargas a cada lado			
Recalibrar la bujía después de tratamiento			
Voltaje 20 kv (posición 4)			

Fuente: Reproducción de la hoja adherida al laborator. 4/12/2004

Si bien no todos los pasos aparecen sobre la tabla de la hoja ‘HU vs TC *in vivo*’, los investigadores tienen una idea muy clara de lo que deben de hacer, por qué han sido convocados para asumir un papel que corresponde dentro del experimento. De esta manera, los primeros en atender a las indicaciones señaladas por el doctor Loske son los veterinarios.

En el estacionamiento fuera del quirófano, ellos arreglan un espacio de trabajo en donde ponen los instrumentos que les permitirán transformar al animal en paciente. Su papel consiste en mantener con vida a los modelos de paciente, pues los anestesiólogos para humanos no sabrían mantener los signos vitales de tales supuestos pacientes. Para ello, primero toman a uno de los cerdos, después, aplican la anestesia y, finalmente, le

colocan un catéter que permite inmovilizarlo y llevarlo a la sala de quirófano donde los urólogos esperan este extraño sujeto de cirugía.

Al llegar a quirófano, el cerdo pasa por nuevas transformaciones. Ahí, los urólogos se reúnen alrededor de la mesa de operaciones, enseguida, colocan un campo sobre el cuerpo del animal que les sirve como marco de intervención quirúrgica para implantar los modelos de cálculo en los riñones seleccionados del cerdo.

El modelo de cálculo es representativo de una gama de tipos de cálculo renal humano y, simultáneamente, es un tipo de modelo de cristales empleado a nivel mundial por la comunidad de estudiosos de la LEOCh. En otras cadenas de inscripciones, se ha establecido que estos modelos son representativos de ciertos tipos de cálculos renales reales de pacientes litíasicos, por lo que los datos que se produzcan sobre los cristales hoy implantados a los cerdos servirán para estandarizar la información producida a nivel mundial en la LEOCh.

La posición de cada uno de los seis tipos de cálculo utilizados hoy ha quedado también establecida previamente dentro de la tabla. Todo lo que los urólogos deben de hacer es seguir las etiquetas marcadas en la hoja 'HU vs TC *in vivo*', las cuales designan con sumo detalle el destino de cada uno de los cálculos: implantar el 'modelo #15' (tipo cilíndrico) en el riñón izquierdo del cerdo #6; implantar 'modelo #16' (tipo esférico) en el riñón derecho del mismo número de cerdo (#6), y así sucesivamente para los cerdos 7 y 8. Siguiendo este esquema, los urólogos transformarán a los cerdos en pacientes enfermos de litiasis de tipo distinto.

Luego del implante de modelo, los urólogos suturarán riñones y cerdo-pacientes, fingiendo ignorar que allí se encuentra riñones y pacientes litíasicos.

Ahora el cerdo continúa su recorrido en el experimento siendo transferido a la sala de tomografía. En el área de imagenología, el cerdo es colocado en la camilla del tomógrafo, y desde un cuarto contiguo es transformado en una imagen tomográfica que representa a un paciente con determinado tipo de cálculo. El equipo pudo observar que se trata de un paciente litíásico, representado en el monitor de la computadora del tomógrafo.

Curiosamente, el cálculo implantado observado en el monitor se despliega en tres interpretaciones. El especialista de imagenología mira la estructura del cálculo, tratando que la imagen sea lo más nítida posible para calcular la densidad del cristal; los urólogos están viendo los cálculos renales a tratar médicamente, y, simultáneamente a ellos, el doctor Loske está viendo el modelo físico de un lito a fragmentar mediante la fuerza de choque de las ondas acústicas que producen las máquinas.

El uso de la tomografía en la evaluación de la litiasis es una herramienta generadora de representaciones de alta fidelidad utilizadas en la práctica médica, especialmente interesante porque permite mejorar la representación de las características físicas de los cálculos renales. La idea es que la imagen del monitor de la computadora del tomógrafo expresa la densidad tomográfica de los modelos de cálculo implantados. El equipo de investigación cree que por la precisión de los valores sobre la sensibilidad de la tomografía para captar la estructura del cálculo, ciertos datos pueden servir para elaborar una fórmula que ayude a predecir la fragmentación de cálculos. Regresaremos a este punto más adelante, pues por lo pronto el doctor Loske guarda estas imágenes y datos en sus archivos para ser analizados en su laboratorio en Querétaro.

Nuestros investigadores se preguntan: ¿es posible predecir con éxito la fragmentación de los cálculos desde el punto de vista físico? Y se responden: todo apunta a que esto es factible pues si cada modelo es fracturado por un número determinado de ondas de choque, se podría crear una ecuación y concluir que el modelo 'X' se fractura con 'Y' número de ondas de choque, en 'Z' posición. Para los investigadores es fundamental examinar esta cuestión convirtiendo a los cerdos y sus riñones con sus modelos insertados en una muestra representativa de pacientes litíasicos. En el fondo de la cuestión, la predicción sería una sintética y útil representación del coeficiente de fragmentación de una terapéutica.

De conformidad con la hoja del experimento, luego de haberle detectado y representado el tipo de modelo que tiene en sus riñones mediante las imágenes tomográficas, el cerdo es conducido de regreso al quirófano para aplicarle dos mil quinientas ondas de choque a cada uno de los riñones. Es decir, se le aplica la LEOCh para indagar si esta dosis elegida es capaz de fracturar los modelos de cálculo renal implantados.

Mientras el litotriptor realiza su trabajo a golpes secos de las ondas de choque, el segundo cerdo inicia el mismo viaje y transformaciones que el precedente: es anestesiado y conducido a quirófano para implantarle los modelos de cálculo, luego es transformado en enfermo, posteriormente en imagen de cálculo renal, seguidamente se le aplicaran dos mil quinientas ondas de choque en el riñón.

Al cabo de la aplicación del tratamiento LEOCh, el primer cerdo que se supone ya se le ha fracturado su cálculo, recibe la eutanasia y se le extraen los riñones para ser analizados en otras rutas de inscripciones.

Los riñones son entregados al doctor Loske, y en este acto se aleja de la urología para acercarse a la física de la litotripsia; es decir, al estudio del efecto de las ondas de choque en la fragmentación de modelos de cálculo renal, expresado en términos del coeficiente de fragmentación.

Pero antes de consagrarse completamente a la física, el doctor Loske abre los riñones como si fuese urólogo y recoge con una pinza las arenillas del modelo del cálculo fragmentado; mismas que son filtradas en una criba. La criba es una rejilla diseñada suponiendo que la distancia que se forma entre los hilos de acero corresponde con el diámetro de las partículas que un riñón de cerdo o de humano es capaz de desalojar a través del conducto urinario. El doctor Loske considera que las arenillas que logran pasar por la rejilla han sido exitosamente fragmentadas pues podrían ser evacuadas por la orina y las que permanecen evidencian que los pacientes seguirían teniendo cálculos renales. Una vez que el cálculo es enjuagado, los restos se etiquetan y se guardan.

Hasta aquí, el doctor Loske ha tenido que hacer circular su problema de investigación a través de una serie de prácticas urológicas y veterinarias y sus objetos representados por cerdos, riñones no-humanos, máquinas litotriptoras e imagenológicas, todo esto en espacios hospitalarios en lugar de hacerlo bajo la exactitud de su laboratorio en su Centro de Física Aplicada en Querétaro. El programa de acción inscrito en la hoja 'HU vs TC *in vivo*' se cumplió en cada una de las repeticiones realizadas durante el experimento.

Así, cada modelo fue el arreglo de un animal en el que se insertó un tipo de cálculo en cada riñón; en el experimento de ese día se emplearon tres cerdos, seis riñones y dos tipos de cálculo, lo que significa que se usaron dos veces tres tipos de cálculo, cambiando ahora

en el riñón izquierdo, ahora en el derecho y toda esta secuencia de aleatoriedades fue elaborada para evitar, justamente, la influencia de un factor no aleatorio. Dicho de otro modo, se trata de que cada tipo de cálculo estuviese en todos lados y en todos los cerdos para representar con la certeza de la reiteración todas las condiciones de la litiasis y su tratamiento LEOCh en humanos.

Todo el recorrido del experimento se vinculó con la necesidad de expresar la representación de constantes (número de ondas de choque en cada tratamiento, independencia del lado del cálculo y de animal 'litiásico') y variables de los actores (tipo de cálculo y su grado de fragmentación), en el que las repeticiones cumplirán el objetivo de dar consistencia estadística a las diferentes condiciones del modelo terapéutico LEOCh.

Seguros de haber podido eliminar efectos desconocidos mediante las repeticiones, ahora los modelos ya tratados con la LEOCh van a ser puestos a circular por el doctor Loske en la forma de muestras fragmentadas de cálculos artificiales.

Relacionando las evidencias tomográficas con la fragmentación de litos

El plan de la hoja 'HU vs TC *in vivo*' fue seguido por los investigadores quienes movilizaron los modelos de cálculo durante el experimento implantándolos en los riñones de los cerdos. Los cerdos a su vez fueron llevados a tomografía, donde fueron empleados para determinar la densidad tomográfica de sus litos, y después, fueron regresados al quirófano en donde recibieron un tratamiento de litotripsia para fragmentar sus diferentes cálculos. Hasta aquí, la circulación de inscripciones traducía animales, riñones, tipos de cálculos, representaciones tomográficas de litiasis, arenillas, cedazos, con acciones de veterinarios, físicos, urólogos, etc. Todos estos actores podían reconocerse visiblemente sin grandes problemas, excepto las ondas de choque que, sin embargo, podían escucharse incluso fuera de los quirófanos.

Ahora los investigadores tratarían de representar todas las equivalencias en una fórmula de LEOCh según la cual cada tipo de cálculo renal, recibiendo dos mil quinientas ondas de choque, tendría determinado coeficiente de fragmentación de cálculos, lo que permitiría que los residuos fuesen expulsados en la orina. De manera que si fuese constante el número de ondas de choque, todo el tratamiento se reduciría a una relación entre tipo de cálculo y coeficiente de fragmentación de cálculos.

Al salir del hospital, el doctor Loske llevaría exclusivamente dos tipos de informaciones: los resultados de las imágenes tomográficas y los residuos de los cálculos fragmentados. Estas trazas, viajando juntas en el auto del doctor Loske rumbo a Querétaro, inscribían ya el conjunto de elementos de un esquema de salud-enfermedad-tratamiento que recorrería una serie de traducciones subsecuentes para relacionar cuantificadamente la estructura de los cálculos con su porcentaje de fracturación.

Por el momento, esos elementos tenían inscrita una codificación precisa para no confundir las bolsas de residuos y su relación con las bolsas de los datos tomográficos. El mismo procedimiento y los mismos viajes del laboratorio al hospital y del hospital al laboratorio de física serían llevados a cabo en otro par de ocasiones.

Respecto al tipo de cálculo renal, los investigadores requieren hacer equivalente el tipo de cálculo que ellos conocen previamente y la información que puede proporcionar la tomografía a través del concepto densidad tomográfica.

La idea es que la tomografía computarizada permite representar la estructura interna de un objeto mediante la suma de múltiples proyecciones. Se trata de un tubo que produce un haz de rayos X que son captados por unos sensores. Estos sensores determinan diferencias en la absorción de rayos X debido a las propiedades de los objetos que encuentran en su paso. La radiación recibida por los sensores es calculada matemáticamente y computacionalmente. Se determina una densidad radiológica (en este caso tomográfica) de acuerdo a la región explorada. La densidad tomográfica se mide en unidades Hounsfield (UH, por el investigador que puso en escena esta relación). De acuerdo con los valores HU, el agua tendría un valor de 0, el aire -1.000 y un hueso compacto +1.000 (Muller-Karger, Cerrolaza, 2001). En este sentido, las imágenes obtenidas son la expresión de las diferencias de absorción.

El grado de opacidad del cálculo visualizado en las imágenes de rayos X varía de acuerdo a su composición, tamaño y posición con relación a los órganos y tejidos. Y en esta propiedad descansa la posibilidad para realizar una serie de estudios sobre las propiedades físicas de los tejidos. En nuestro caso, se trata de la explotación de la relación entre la visualización de los cálculos y su posibilidad de fragmentación de cálculos.

De acuerdo con el doctor Hurtado, físico integrante del grupo de investigación en el laboratorio de ondas de choque en Querétaro, la relación densidad tomográfica con fragmentación de cálculos tiene al menos dos antecedentes. En los inicios sobre el estudio de la LEOCh se había reportado que “las piedras¹¹ no son probables de fracturar si su radiodensidad es mayor que la de la columna vertebral” (Hurtado et al., 2007, p.3). 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” (p.5).¹² En el caso de los experimentos en cerdos, los tipos de cálculos insertados en los riñones se agruparon en Unidades Hounsfield de 250 HU, 750 HU y 1.250 HU.

Respecto al recorrido de los modelos de cálculo fragmentados; luego de su salida del hospital, habrían de ser pasados por otras transformaciones. En el laboratorio, los fragmentos serían desempaquetados y nuevamente enjuagados en dos tipos de coladores, después, serían secados y pesados en una balanza de precisión. Posteriormente, se compararon los pesos iniciales de los modelos tomados antes de la implantación con los pesos finales obtenidos en los experimentos y se obtendrían los porcentajes de fragmentación de cálculos.

Matematizando la representación de la predicción de fragmentación de cálculos: la composición de una representación científica a partir de dos trazas distintas

Sólo hasta que los resultados totales fueron concentrados, se pudieron movilizar los valores tomográficos y los coeficientes a la oficina del actuario para ser analizados estadísticamente. Una vez que el actuario envió los análisis, nuestros investigadores notarían que la relación establecida entre los valores y coeficientes, aunque era muy atractiva, no se sostenía completamente. Desde la visión del doctor Loske, la historia quedaría articulada de la siguiente manera:

Nuestra contribución está en que nos fuimos al modelo más básico El problema de esto es que todos los pacientes son diferentes, todos los cálculos son diferentes y entonces, es un experimento que está totalmente fuera de control. Lo primero que hicimos fue quitar el paciente, quitar los cálculos renales y meter cálculos artificiales... y luego tratar de hacerlo. Si en el modelo simple no funciona, mucho menos va a funcionar en un modelo complicado. ... si no somos capaces de predecir si en un modelo de cálculo renal *in vitro* (dentro de una tina), que efectivamente se puede hacer... *in vitro*. Ahí, si sacamos incluso una ecuación, y entonces, podemos ... (predecir entre) diez cálculos diferentes, ... para saber cuáles se rompen y cuáles no y con qué porcentaje. Ahí sí podríamos sacar una receta preciosa, pero suponiendo que todos los pacientes fueran iguales, o, peor todavía, que todos los pacientes fueran bolsitas con agua nada más y que todos los pacientes tuvieran cálculos geoméricamente parejos. Pero bueno, entonces nos fuimos a un siguiente modelo más complicado que ya fue implantar cálculos en los cerdos, y nos dimos cuenta que ya las cosas no se portan tan bien. Aparentemente, sí se pueden sacar conclusiones pero ya no era tan obvio, y vimos que nos fuimos con un modelo demasiado complejo y que necesitábamos más casos. Aquella vez ... tal vez fueron ocho cerditos o diez, u once o doce pero no fueron veinte o treinta, cuarenta o cincuenta, para sacar conclusiones más importantes y realmente salir con una receta útil para el médico. Tal vez deberíamos tratar cien o doscientos cerditos y como eso no es factible, nos regresamos a un modelo más simple (Loske, 30 oct. 2006).

La tabla de la hoja 'HU vs TC *in vivo*' con la que habíamos comenzado nuestra descripción contenía diversos elementos que fueron traducidos en cálculos fragmentados. Como dijimos la repetición de experimentos cumplía con el objetivo de expresar la representación de constantes y variables de la fórmula elaborada. Así, el plan del experimento se transformó en la siguiente tabla, en donde se observa el número de cerdos tratados y la ubicación de los lados en la que fueron implantados los modelos de cálculo (Tabla 2).

Tabla 2: Posición de los cálculos en el cerdo

Cerdo número	Riñón izquierdo	Riñón derecho
1	HMT	U-30
2	HMT	U-30
3	U-30	HMT
4	HMT	U-30
5	U-30	HMT

Fuente: Hurtado, Gutierrez, 2005.

En total, a esta tabla se agregarían siete cerdos más, los cuales serían anestesiados, operados y transformados en otras dos series de experimentos. El mismo protocolo fue seguido y repetido en cada uno de los experimentos realizados, entendiendo que las repeticiones corresponden al manejo matemático de la predicción, que permite aludir a la representatividad estadística que se establece entre la construcción de la representatividad del tratamiento de la litotripsia y la construcción de la representatividad de una fórmula a partir de elementos empíricos; dicho de otro modo, las repeticiones representan la fase empírica de la construcción teórico-matemática de la predicción de la fragmentación de cálculos. Un dictaminador anónimo del presente texto ha sugerido, con razón, una conclusión importante a este punto: "la capacidad científica de previsión de resultados

está sustentada directamente a la repetibilidad de los experimentos realizados por los investigadores”.

Los coeficientes de fragmentación de cálculos junto con los valores de densidad tomográfica, tomados en la sala de imagenología, fueron transferidos a la oficina del actuario. En su oficina, el actuario construyó 17 modelos estadísticos, de los cuales uno sería elegido como la fórmula para predecir la fragmentación de cálculos. El modelo seleccionado fue presentado en un artículo titulado “*In vivo relationship between CT attenuation value and shockwave fragmentation*”, el cual fue enviado al *Journal of Endourology*, (Hurtado et al., 2007, p.343-3456) donde los datos y conceptos están circulando a escala internacional. El modelo seleccionado se especifica como sigue: $FC = 78.225 - 0.059 CT_{\#}$.

En esta fórmula se representa el resultado de predicción de fragmentación de cálculos estimado que puede obtenerse utilizando el coeficiente de fragmentación como variable de respuesta. Más precisamente, la explicación de la fórmula indica que “para cálculos artificiales tratadas con LEOCh en cerdos, el coeficiente de fragmentación para 250 HU, 750 HU y 1.250 HU sería cerca de 63%, 34% y 14%, respectivamente” (Hurtado et al., 2007, p.345).

Siguiendo la discusión presentada en el artículo, encontramos una nueva tabla en la que se presentan los valores tomográficos y los coeficientes de fragmentación de cálculos *in vivo* (Tabla 3).

Tabla 3: Matematización de densidades y coeficientes de fragmentación de cálculos

Stone	CT# (HU)	FC (%) ^a
M	359 ± 66	60.05 ± 4.53
AST	559 ± 24	42.37 ± 7.38
U30	916 ± 28	35.58 ± 5.74
L	850 ± 90	16.51 ± 11.01

Fuente: Hurtado et al., 2007, p.344.

Los resultados que contiene la tabla nos muestran los tipos de cálculo artificiales (columna 1) como objetos con características matemáticas, como si los cálculos intrínsecamente ostentaran un orden coherente, el cual es develado por las tecnologías médicas. Sin embargo, la representación sistemática que se hace de los tipos de cálculo en la tabla implicó una organización de diferentes objetos que a principio eran ilustraciones triviales. La representación de los valores de densidad de los cálculos y la de sus coeficientes de fragmentación, presupuso la realización de las actividades indicadas por el doctor Loske y la subsecuente transformación de signos y objetos desde el comienzo hasta al final de la historia.

Lo que aparece en la tabla sistemáticamente organizado como signos estables – tipo de cálculo (columna 1), densidad de tomográfica en HU (columna 2) y coeficiente de fragmentación de cálculos (columna 3) – es, pues, el resultado de un arreglo organizativo, de un objetivo logrado por la estabilidad de las muestras en su transición por contextos particulares. Así las cosas, sería difícil pensar que, después de todo, la relación buscada entre el valor tomográfico de los cálculos y su porcentaje de fragmentación por ondas de choque se hizo posible sólo por el uso de las más avanzadas tecnologías médicas, o por las interacciones de los investigadores. De hecho, podría decirse que la tabla de resultados constituye el punto concluyente de la circulación, la cual se expresa como una representación de las más

codiciadas en el mundo científico, una representación matematizada y predictiva que apunta a mejorar la aplicación de la LEOCh y la fragmentación de los cálculos.

Consideraciones finales

Según Durkheim, los hombres le deben a la ciencia no sólo la materia de conocimiento, sino la forma en la que los conocimientos son elaborados. El seguimiento de la formación de las inscripciones y las representaciones que hemos hecho de la LEOCh, nos ha permitido visualizar la idea de que en las representaciones colectivas, las cosas están llamadas a ser parte de la sociedad y pueden constituirse en objetos materiales, símbolos y prácticas sociales. A diferencia de otros autores, recurrimos a los profesionales de la construcción de las representaciones sociales y hemos encontrado que las representaciones no ocurren solamente en la difusión e interiorización de los contenidos o en la habituación, institucionalización e internalización de las representaciones mentales sino en las tecnologías intelectuales practicadas por los actores.

La construcción de representaciones que hemos seguido está en consonancia con los trabajos de Lynch, Latour, Serres, Goody, Mauss, Leroi-Gourhan y nuestras propias investigaciones precedentes; pero aún así, el trabajo incipiente sobre la temática es fecundo y posibilita nuevos hallazgos.

En este texto, hemos partido una definición heurística de la representación con el propósito de identificar el papel que cumplen objetos, inscripciones e imágenes en las actividades de construcción del conocimiento. A lo largo del análisis hemos mostrado que las traducciones logradas en las investigaciones físicas y médicas fueron el resultado del intercambio de las propiedades simbólicas, materiales y sociales que permitieron construir circuitos de equivalencias entre las entidades que fueron convocadas a participar en los experimentos de manera que los animales fuesen equivalentes a los humanos, que los modelos de cálculo fuesen equivalentes a cálculos 'reales', que una fórmula fuese equivalente a un tratamiento LEOCh.

Más allá de una visión circular de la representación social que afirma que las representaciones sociales se construyen socialmente, hemos mostrado que la representación es producto de la acción social pero en interacción con elementos de tipo natural y simbólico, que su elaboración está en constante movimiento y construcción, y que corresponde con los esfuerzos de los científicos para inscribir y representar el mundo.

En este trabajo hemos visto cómo las inscripciones acuñadas fueron simultáneamente re-presentaciones del mundo e instrumentos traducidos, producidas interactivamente entre tecnologías intelectuales y colectivos específicos, operaron como instrumentos conceptuales y epistemológicos y artefactuales, y su eficacia dependió de la capacidad de intercambiar pertinente y eficazmente las propiedades de los elementos traducidos; al final de los experimentos y con ayuda del actuario se construyó una representación sintética de la terapéutica LEOCh, equivalente en la formulación matemática de coeficiente de fragmentación de cálculos.

El seguimiento de las actividades de investigación de la LEOCh nos ha permitido comprender que la representación es un asunto en el que se intenta poner en equivalencia

elementos de orden heterogéneo. En este caso, la predicción de la fragmentación de los cálculos implicó organizar a los investigadores mediante un programa de acción (la representación del experimento) para que pudieran producir evidencias (cálculos fragmentados e imágenes tomográficas) con las que pudieran elaborar una fórmula matemática predictiva. La elaboración de una representación matemática se encuentra así ligada a la organización del colectivo y a la circulación de objetos en diferentes situaciones.

Finalmente, en toda la circulación de representaciones mostrada, los actores movilizaron las inscripciones, cambiando incesantemente la presentación de sus trazas, llegando a estabilizarse y adecuarse de modo eficaz para conformar la representación simbólica, artefactual y social del mundo de la LEOCh y que puede ahora leerse en “Shock wave physics for urologist” de Achim M. Loske (2007).

La guía de indagación que propusimos no fue una definición de la representación sino el método de seguimiento que nos permitió observar las facetas, giros y movimientos que ocurrieron en las traducciones, las inscripciones y las representaciones científicas que permitieron a los actores sociales construir una representación matemática de una terapéutica.

NOTAS

* Este artículo es producto de la investigación “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 Universidad Nacional Autónoma de México (Unam)”, financiada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en el proyecto S41385. Laura María Morales Navarro colaboró en las observaciones de campo y análisis desde el inicio del proyecto (2001) hasta el 2004. Melissa Guerrero Orozco participó como tesista en psicología social (Guerrero, 2007). El autor agradece los comentarios críticos al presente documento de los miembros del Laboratorio Tecnociencia-sociedad.

¹ “Se puede ver por este ejemplo de que la luz de la sociología aclara la génesis y, por consiguiente, el funcionamiento de las operaciones lógicas. Esto que hemos ensayado hacer para las clasificaciones podría igualmente intentarse para las otras funciones o nociones fundamentales del entendimiento. ... El mismo método podría ayudar igualmente a comprender la manera de la cual se han formado las ideas de causa, substancia, las diferentes formas de razonamiento, etc. Todas estas cuestiones, que metafísicos y psicólogos tratan desde hace mucho tiempo, serán en fin liberados de las reiteraciones donde ellas se demoran, del día donde ellas serán puestos en términos sociológicos” (Durkheim, Mauss, 1903, p.72).

² En esta misma obra se encuentran elementos para esclarecer las representaciones científicas y sus funciones epistemológicas: “Si la filosofía y las ciencias han nacido de la religión, es porque la religión misma ha comenzado por ocupar el lugar de las ciencias y de la filosofía. Pero lo que se ha notado menos es que ella no se ha limitado a enriquecer con cierto número de ideas un espíritu humano previamente formado; ha contribuido a formarlo. Los hombres no solamente le han debido, en una parte notable, la materia de sus conocimientos, sino también la forma según la cual esos conocimientos son elaborados” (Durkheim, 1912, p.12).

³ La frase la ha retomado Kozulin (1995) de una conferencia de Vygotsky en 1924.

⁴ Sperber (2005, p.77) observa que para Vygotsky “las representaciones mentales se derivan de la interiorización de las representaciones públicas y de los sistemas subyacentes (por ejemplo, las lenguas y las ideologías), sin los cuales no es posible ninguna representación”. Y, esto prácticamente coincide con el señalamiento de Goody cuando indica que “muchos otros autores (entre ellos Vygotsky), han visto en el desarrollo de las lenguas una condición previa del pensamiento mismo” (Goody, 1979, p.47; paréntesis nuestro) y que “Vygotsky definía el pensamiento como un ‘lenguaje interior’” (p.47).

⁵ En realidad Moscovici sigue a Vygotsky en su perspectiva constructivista sobre el desarrollo del encuadramiento conceptual y objeto de pensamiento aplicándolo al tema de las representaciones; de este modo, Moscovici (1979) enfoca su análisis al examen de las ‘interacciones’, en la objetivación que rinde concreto lo que resultaba abstracto y en el anclaje que logra la incorporación de aspectos no familiares en la sociedad.

⁶ De acuerdo con Garfinkel (1977, p.31) el programa de la etnometodología es el estudio de “la sociedad ordinaria, inmortal, tal y como es vivida” y es una reespecificación del objeto de estudio de Durkheim.

⁷ El término cadena o encadenamiento no es nuevo en los estudios sobre el conocimiento o la tecnicidad. Leroi-Gourhan tomó de Mauss (Schlanger, 1991) la noción de cadena operatoria para referirse a la tecnicidad. La definición de Leroi-Gourhan de cadena operatoria considera la simultaneidad de gestos e instrumentos encadenados por una sintaxis operatoria que nace entre el cerebro y el medio natural. Además, existe un paralelismo con la lengua (Leroi-Gourhan, 1964, p.164). Posteriormente Cresswell (1981, p.96) empleó el término cadena operatoria para referirse al conjunto de movimientos técnicos que poseen una coherencia y una lógica interna. Y, finalmente, Lemonnier (1976, p.8) designó el término para dar cuenta de la técnica como “el conjunto de cadenas operatorias, ... que conducen una materia prima del estado natural a un estado fabricado”.

⁸ Para una explicación más detallada sobre la obra de Serres, véase Arellano, 2000. Descripciones de estudios de caso sustentados en la propuesta de Serres han sido realizadas por Callon, 1986, 1987 y Latour, 2001, entre otros.

⁹ En un trabajo anterior hemos abordado el problema de la equivalencia entre elementos heterogéneos puestos en relación conmensurable por los investigadores del siguiente modo: La suposición de la correspondencia entre los enunciados y el mundo, entre los discursos y la realidad destaca una supuesta capacidad interpretativa de los resultados como naturaleza de los científicos o una supuesta capacidad intrínseca en la realidad para reflejarse en la mente de los investigadores. En lugar de continuar por esta vía interminable, la propuesta consiste en poner en el centro de su actividad la fabricación y circulación de los enunciados, conceptualizados como las cadenas de la traducción, mostrando la inutilidad de separar las cuestiones de realismo y relativismo para substituirlos por problemas más modestos como son los conocimientos de las prácticas científicas y como estas transformaciones sociotécnicas transforman a los colectivos sociales (Arellano, 1999).

¹⁰ El Laboratorio de Ondas de Choque es parte del Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada de la Unam.

¹¹ El término piedra o lito se emplea como sinónimo de cálculo.

¹² En la práctica médica, el conocimiento de la estructura de los cálculos no sólo 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., 2007).

REFERENCIAS

ARELLANO, Antonio
Reensamblar la ciudad y las ciencias sociales o cómo los estudios sobre la ciencia y la tecnología pueden influir la mutación de las ciencias sociales. In: Latour, Bruno; Hermant, Emilie. *Paris ciudad invisible*. Trad., Antonio Arellano. Toluca: Editorial Universidad Autónoma del Estado de México. 2010.

ARELLANO, Antonio.
La filosofía de Michel Serres: una moral de base objetiva. *Convergencia: Revista de Ciencias Sociales*, Toluca, año 7, n.23, p.31-47. 2000.

ARELLANO, Antonio.
La producción social de objetos técnicos agrícolas: la hibridación del maíz y de los agricultores de los Valles Altos de México. Toluca: Editorial Universidad Autónoma del Estado de México. 1999.

ARELLANO, Antonio; MARTÍNEZ, R.
Las innovaciones de la física de las ondas de choque en la urología: la difícil reconfiguración de máquinas litotriptoras y pacientes con cálculos

renales. Trabajo presentado en las 6. Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, 19-21 abr. 2006. Bogotá. 2006.

BERGER, Peter; LUCKMANN, T.
La construcción social de la realidad. Buenos Aires: Amorrortu. 1997.

CALLON, Michel.
Society in the making: the study of technology as a tool for sociological analysis. In: Bijker, Wiebe; Hugues, T.; Pinch, T. (Ed.). *The social construction of technological systems*. Cambridge: The MIT Press. p.83-103. 1987.

CALLON, Michel.
Éléments pour une sociologie de la traduction: la domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc. *L'Année Sociologique*, Paris, v.36, p.169-208. 1986.

CASTORIADIS, Cornelius.
Dialogue. Paris: Éditions de l'Aube. 1999.

- CASTORIADIS, Cornelius.
La institución imaginaria de la sociedad: el imaginario social y la institución. v.2. Barcelona: Tusquets. 1989.
- CRESSWELL, Robert.
Culture technique. *Techniques et Culture*, Paris, n.4, p.95-97. (Cahier spécial Ethnotechnologie n.2). 1981.
- DOISE, Willem.
Les représentations sociales: définition d'un concept. In: Palmonari, Augusto; Doise, W. *L'étude des représentations sociales*. Paris: Delachaux et Niestlé. p.81-94. 2002.
- DURKHEIM, Émile.
Les formes élémentales de la vie religieuse. Paris: Payot. 1912.
- DURKHEIM, Émile.
Représentations individuelles et représentations collectives. *Revue de Métaphysique et de Morale*, Paris, t.6. 1898.
- DURKHEIM, Émile; MAUSS, M.
De quelques formes primitives de classification: contribution à l'étude des représentations collectives. *L'Année Sociologique*, Paris, v.6, p.1-72. 1903.
- GARFINKEL, Harold.
Le programme de l'ethnométhodologie. In: Luze, Hubert de. *L'ethnométhodologie*. Paris: Anthropos. 1997.
- GOODY, Jack.
La raison graphique: la domestication de la pensée sauvage. Paris: Minuit. 1979.
- GUERRERO, Melissa.
La construcción de las representaciones tecnocientíficas: la circulación de las traducciones en la investigación de la litotripsia extracorporal. Tesis (Licenciatura) – Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro. 2007.
- HURTADO, Fernando et al.
In vivo relation between CT attenuation value and shockwave fragmentation. *The Journal of Endourology*, New Rochelle, v.21, n.3. p.343-346. 2007.
- HURTADO, Fernando; GUTIERREZ, J.
Protocolo de investigación: uso de tomografía computarizada para predecir la efectividad de tratamientos de LEOCh: estudio in vivo con cerdos. Documento oficial interno de investigación de la UNAM. Querétaro. 2005.
- JODELET, Denise.
Fou et folie dans un milieu rural français: un approche monographique. In: Palmonari;
- Augusto; Doise, W. (Dir.). *L'étude des représentations sociales*. Paris: Delachaux et Niestlé. p.171-192. 2002.
- KOZULIN, Alex.
Vygotsky en contexto. In: Vygotsky, Lev. *Pensamiento y lenguaje*. Barcelona: Paidós. p.9-49. 1995.
- LATOUR, Bruno.
La esperanza de Pandora: ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia. Barcelona: Gedisa. 2001.
- LATOUR, Bruno; HERMANT, Emilie.
Paris ciudad invisible. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México. 2011.
- LATOUR, Bruno; WOOLGAR, S.
La vida en el laboratorio. Madrid: Alianza Universidad. 1995.
- LEMONNIER, Pierre.
La description des chaînes opératoires: contribution à l'analyse des systèmes techniques. *Techniques et Culture*, Paris, v.1, n.1, p.100-151. 1976.
- LEROI-GOURHAN, André.
Le geste et la parole: technique et langage. Paris: Albin Michel. 1964.
- LÉVY-BRUHL, Lucien.
L'âme primitive. Paris: Presses Universitaires de France. 1996.
- LÉVI-STRAUSS, Claude.
La pensée sauvage. Paris: Plon. 1976.
- LOSKE, Achim.
Shock wave physics for urologists. Querétaro: Editorial Universidad Nacional Autónoma de México. 2007.
- LOSKE, Achim.
[Notas de campo]. Acervo personal de Melissa Guerrero Orozco y Antonio Arellano. 30 oct. 2006.
- LOSKE, Achim.
[Notas de campo]. Acervo personal de Antonio Arellano Hernández. 23 oct. 2004.
- LOSKE, Achim.
Generación de ondas de choque débiles en agua por rompimiento eléctrico. Tesis (Maestría) – Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 1990.
- LOSKE, Achim; PRIETO, F.
Fundamentos técnicos de litotripsia extracorporal. México: JGH Editores. 1999.
- LYNCH, Michael; McNALLY, Ruth.
Encadenando a un monstruo: la producción de representaciones en un campo impuro. *Convergencia*, Toluca, v.13, n.42, p.15-45. 2006.

LYNCH, Michael; WOOLGAR, S. (Ed.).
Representation in scientific practice. Cambridge:
The MIT Press. 1990.

MAUSS, Marcel.
Ceuvres 3. Paris: Payot. 1934.

MAUSS, Marcel.
Divisions et proportions des divisions de la
sociologie. *L'année sociologique*, Paris, n.2, p.87-
173. (Nouvelle série). 1927.

MOSCOVICI, Serge.
Notas hacia una descripción de la
representación social, psicológica social. *Revista
Internacional de Psicología Social*, Barcelona, v.1,
n.2., p.67-118, 2003.

MOSCOVICI, Serge.
L'ère des représentations sociales. In: Palmonari,
Augusto; Doise, W. (Dir.). *L'étude des
représentations sociales*. Paris: Delachaux et
Niestlé. p.34-80. 2002.

MOSCOVICI, Serge.
El psicoanálisis, su imagen y su público. Buenos
Aires: Huemul. 1979.

MULLER-KARGER, C. M.; CERROLAZA, M.
Un nuevo método para la simulación de la

estructura ósea mediante la versión P de
elementos finitos. *Boletín Técnico del Instituto de
Materiales y Modelos Estructurales*, Caracas, v.39,
n.3, p.23-54. 2001.

PRIETO, Fernando; LOSKE, Achim.
*Underwater shock waves and extracorporeal
lithotripsy: an introduction to the bibliography*.
México: Editorial Universidad Autónoma del
Estado de México. 1991.

PRIETO, Fernando; LOSKE, Achim; YARGUER,
Frederick.
An underwater shock wave research device.
Review of Scientific Instruments, Argonne, v.62,
n.7, p.1849-1854, 1991.

SCHLANGER, Nathan.
Le fait technique total: la raison pratique et les
raisons de la pratique dans l'œuvre de Marcel
Mauss. *Terrain*, Paris, n.16. p.114-130. 1991.

SPERBER, Dan.
Explicar la cultura: un enfoque naturalista.
Madrid: Morata. 2005.

VYGOTSKY, Lev.
Pensamiento y lenguaje. Barcelona: Paidós. 1995.

