

La fabricación de innovaciones médicas como guías para el estudio de la institucionalización de líneas de investigación

Rubén Martínez¹ y Melissa G. Orozco²

Introducción

El objeto de la presente ponencia consiste en dar cuenta de cómo la fabricación de innovaciones puede resultar útil para entender el surgimiento y desarrollo de líneas de investigación. Se trata particularmente de analizar un caso situado a principios de 1980 en el Instituto de Física de la UNAM en el que la fabricación de un artefacto, cuyo funcionamiento puede fragmentar cálculos renales por medio de ondas de choque, logró asentar el comienzo de una fructífera línea de investigación en física aplicada que utiliza sus recursos y conocimientos para mejorar una técnica no invasiva de destrucción de cálculos renales conocida en el mundo como litotripsia extracorporal.

Para comenzar, presentaremos una serie de argumentos sobre el estudio de la ciencia y la tecnología, cuyos principios podrán proporcionarnos ciertas herramientas heurísticas que nos ayudarán a emprender y analizar nuestro caso. Después, intentaremos reconstruir la historia del litotriptor mostrando cómo se enlistan y ponen en relación los más diversos elementos. Al final, expondremos algunas reflexiones sobre la relación entre la fabricación de innovaciones y la institucionalización de investigaciones científicas. A lo largo de este escrito vamos a argumentar que la fabricación de innovaciones no está desligada de la construcción de conocimientos científicos, asimismo, sugeriremos que ésta vinculación, para nuestro caso, fue una de las condiciones para un ulterior florecimiento de un novedoso campo de investigación.

¹ Profesor- Investigador, Facultad de Psicología UAQ, rubens@uaq.mx

² Lic. en Psicología UAQ, meg_orozco@hotmail.com

1. Los estudios sociales en ciencia y tecnología

En los estudios sociales de la ciencia y en los de las innovaciones,³ una abundante cantidad de trabajos se ha consagrado a analizar de manera independiente la construcción de hechos científicos y la de innovaciones o artefactos. A la fecha, aún se puede contar con trabajos exclusivamente dedicados al estudio de leyes y teorías científicas, por un lado, y con trabajos dedicados al estudio de lugares innovadores, al de la 'transferencia de innovaciones', así como al estudio mismo de las innovaciones, por otro.

Pero, pese a sus preocupaciones específicas, dichos trabajos se han caracterizado principalmente porque sus explicaciones han acentuado cada vez más la forma en la que hechos y/o artefactos son concebidos, probados, aceptados y refutados, hasta alcanzar un relativo grado de estabilidad. En lugar de explicar los hechos aludiendo a causas únicas, como la mentalidad, o de explicar las innovaciones aludiendo, entre otras cosas, a cómo éstas favorecen el cambio económico mundial,⁴ estas explicaciones han centrado su atención en los propios lugares donde se construyen conocimientos y tecnologías, así como en las prácticas que los hacen posibles y en los diversos agentes que participan en su realización.

Precisamente, lo que así han destacado estos estudios en momentos diferentes, es que la ciencia y la tecnología pueden ser tratadas bajo los mismos principios y hasta bajo los mismos fundamentos;⁵ pues aquellas explicaciones en las que conocimientos e innovaciones figuran como productos de causas generales, obedecen más a los compromisos que establece el investigador con ciertas

³ Aquí nos referimos a los trabajos clásicos de Collins y al enfoque histórico del estudio de las innovaciones.

⁴ Muchos estudios con explicaciones genéricas sobre la ciencia y tecnología existen; para un análisis económico reciente sobre las innovaciones véase Carlota Pérez (2003).

⁵ En efecto, si bien los estudios de ciencia y tecnología versan aparentemente sobre 'diferentes' objetos de estudio, lo relevante es que ahora una gran mayoría de esa literatura existente se inspira en los principios del programa fuerte de la sociología elaborado tiempo atrás por D. Bloor (1994).

referencias teóricas, o a la forma casi siempre distanciada desde la que se decide emprender su estudio.

Ahora bien, de los trabajos que han contribuido a entender la estrecha relación entre ciencia y tecnología, dos son los que aquí más nos interesan: la aproximación constructivista social al estudio de la ciencia y la tecnología propuesta por T. Pinch y W. Bijker (1993), y la teoría del actor-red, que a su vez ha sido desarrollada en los trabajos de B. Latour (2001), M. Callon (1993), J. Law (1993) y otros.

En términos muy generales, podemos conocer estos dos enfoques bosquejando la forma en la que ellos mismos han afrontado el reto de tratar la ciencia y la tecnología como un sólo conjunto. Así pues, desde la aproximación constructivista social al estudio de la ciencia y la tecnología de T. Pinch y W. Bijker, la propuesta ha consistido en hacer ver cómo la sociología de la ciencia y la sociología de la tecnología “podrían beneficiarse una a otra” mezclando sus recursos metodológicos, para entender estudios de caso. En efecto, intercambiando los recursos del Programa Empírico Relativista de Collins y los desarrollos del enfoque constructivista social de la tecnología, Pinch y Bijker (1993) han mostrado, por ejemplo, cómo la bicicleta llegó a tomar la forma que conocemos hoy día.

Su propuesta en sí, rompe con la secuencia de pasos marcada dentro del EPOR para seguir la construcción de hechos científicos,⁶ y opta, en su lugar, por lo que los autores denominan ‘modelo multidireccional’. Con este modelo es posible seguir el desarrollo de los artefactos asociando los ‘cambios técnicos’ a los problemas y soluciones planteados por ‘grupos sociales relevantes’,⁷ lo cual a su vez posibilita detectar y destacar tanto las ‘etapas de éxito’ como ‘las de fracaso’

⁶ Empirical Program of Relativism.

⁷ Es de llamar la atención que recientes trabajos solamente destaquen del artículo de Pinch y Bijker, la noción de flexibilidad. Cózar Escalante (2003), por ejemplo, la entiende como el significado de la tecnología de acuerdo con las interpretaciones emitidas por los distintos grupos implicados.

que sufren los artefactos. Cada etapa en sí, puede ser sometida a un análisis mucho más minucioso a fin de mostrar los ‘mecanismos de variación y selección’, esto es, aquellas significaciones suscitadas por los artefactos, así como la subsecuente inclinación de los grupos por alguna o algunas de ellas. Un último aspecto que pone en marcha este enfoque para explicar por qué los artefactos terminan por alcanzar una forma más o menos definida, es la ‘clausura de controversias’; etapa en la que, podría decirse, los consensos son alcanzados y los artefactos son temporalmente estabilizados.

La invaluable tarea de este primer enfoque se resume en presentar una perspectiva desde la cual el intercambio de herramientas metodológicas resulta sumamente útil para poner en relación las variaciones en el desarrollo de los artefactos, con las demandas marcadas por grupos sociales relevantes. Pero, por lo que respecta al estudio de estos grupos mismos, el tratamiento constructivista que nos indicaría cómo es que éstos surgen y se van transformando a lo largo del mismo proceso, permanece aún a la expectativa.

Esta última crítica, ha constituido justamente un punto crucial en las reflexiones de la teoría del actor-red, nuestro segundo enfoque. Podríamos esquematizar su propuesta más general apuntando de igual modo a la forma en la que afrontan el estudio ‘simétrico’ de la ciencia y la tecnología. Para la teoría del actor-red -en adelante TAR- el análisis de hechos y/o artefactos equivale al de la construcción, proliferación y/o separación de ‘redes’. Una red puede ser entendida a muy grandes rasgos como un conjunto heterogéneo de elementos puestos en relación, pero dado que el estudio de redes es en sí muy diverso y queda por ahora fuera de nuestros propósitos presentar a detalle las múltiples definiciones de esta noción,⁸ nos conformaremos con tratar aquí únicamente su consideración respecto al estudio de lo social.

⁸ Para un estudio reciente sobre las distintas acepciones de ‘red’ en la TAR, así como en otros enfoques sociales véase Arellano, 2007.

De acuerdo con este enfoque, es posible abordar el estudio de la ciencia y la tecnología, manteniendo la misma suerte de escepticismo empleada en el estudio de la construcción de hechos, pero ahora enfocada hacia lo 'social'. Esto implicaría que categorías sociológicas comúnmente empleadas en la explicación de hechos o innovaciones, tales como 'grupo', 'sistema', 'estructura, etc'. , no se presentan en la investigación empírica como entidades dadas y fijas, sino que los agentes estudiados al conducir sus actividades más bien se movilizan organizándose de muy diversas formas, las cuales resultan casi siempre inaprensibles con las categorías corrientes que disponemos.

Tomando los estudios 'micro' y 'macro' sociales podemos darnos una idea sobre la dificultad antes señalada. Desde ambas perspectivas, se han propuesto categorías que privilegian explicaciones sociológicas ó explicaciones psicosociales sobre el estudio de conocimientos e innovaciones; y el desacuerdo sobre si, por ejemplo, son los usuarios los que determinan la forma de los artefactos ó son los propios fabricantes,⁹ ha sido tal, que en lugar de reconocer que este tipo de cuestiones sólo podrían discutirse apelando a casos empíricos, se ha llegado a aceptar desenfadadamente la infalibilidad y pertinencia de ambos enfoques pese a sus consecuencias.

El asunto, sin embargo, no radica en desprendernos radicalmente de las categorías sociales que enriquecieron y fundamentaron muchos de los estudios de antaño. Lo que nos propone la TAR para el estudio de hechos y artefactos, es simplemente seguir lo social por otros medios (Latour y Hermant, 1998), y darle la importancia y el tratamiento que se presta a los demás factores (Law, 1993). Esta consideración sugiere pues que tomemos como componentes de una red muy diversos (f)actores y que exploremos la manera en que son articulados.

La consideración anterior es central para nuestro estudio, pues, ver lo social como indisociable de lo técnico y lo cognitivo, no emancipado de los recursos materiales

⁹ Este ejemplo ha sido destacado en los análisis de Pinch y Bijker (1993).

y técnicos disponibles, es lo que nos permitirá valorar con mayor precisión las actividades de innovación realizadas por el grupo de físicos y su alcance en la consolidación de una nueva tradición de investigación en México. En lo siguiente, nos vamos a enfocar a esta cuestión.

2. El surgimiento de una nueva terapéutica para el tratamiento de los cálculos renales

A finales de 1970, surgió en Alemania una importante revolución terapéutica para los tratamientos urológicos: un aparato litotriptor que por medio de la generación de ondas de choque, hizo posible la primer técnica no invasiva para el tratamiento y destrucción de cálculos renales y biliares: la litotripsia extracorporal. Ambos, el aparato y la técnica, fueron desarrollados por la acción y organización conjunta de un grupo de investigadores conformado por el físico Häusler y el urólogo Ziegler de la Universidad de Saarbrücken, Alemania Federal, la empresa multinacional Dornier System, la clínica urológica de la Ludwig-Maxilians Universität, en Munich Alemania, y el Institut für Chirurgische Forschung apoyado por el Departamento de Investigación y Tecnología del Gobierno Alemán (Loske, 1990).

Luego de ser fabricado el primer aparato y de ser probado exitosamente en pacientes, la Dornier comenzó a comercializar mundialmente los litotriptores, después, otras empresas multinacionales, (Simms, Phillips, entre otras) con otros métodos para generar ondas de choque, hicieron lo mismo. A pesar de la inmediata respuesta de las empresas multinacionales por fabricar litotriptores, en el ámbito de la investigación no ocurrió lo mismo. Una limitación que obstaculizó la formación de otros colectivos de investigación lo constituyó el mismo litotriptor. En ese periodo, su valor comercial alcanzaba el millón de dólares, así que los investigadores interesados tenían dos opciones: comprar un aparato o bien, fabricar un prototipo.

Si bien la litotripsia extracorporal había atraído el interés de los científicos, no existían las facilidades materiales para indagar en esa reciente terapéutica-

médica. Por lo que, solamente los únicos científicos representantes de los estudios de la litotripsia eran Häusler, Ziegler y su grupo de investigación.

3. La atracción de los físicos por el estudio de las ondas de choque

En México, el interés por los litotriptores surgió poco después de la expansión de estos aparatos. La idea original de construir un prototipo clínico experimental, a fin de realizar investigación básica, se atribuye al Ex-director del Instituto de Física de la UNAM (IFUNAM), Miguel José-Yacamán,¹⁰ quien, observando un programa informativo sobre estos aparatos, pensó entonces en poder en arrancar un proyecto para la construcción de un litotriptor experimental dentro del mismo Instituto.¹¹

En el IFUNAM, el tema de la energía y el de las altas tensiones, los cuales están emparentados con el de las ondas de choque débiles, formaban parte de un programa de investigación coordinado por el Dr. Fernando Prieto, un físico que había alentado fuertemente a la consolidación del Instituto participando en la conformación de varios laboratorios experimentales. Buscando el desarrollo de nuevas líneas de investigación orientadas a la fabricación de artefactos tecnológicos, el Director del Instituto se acercó al Dr. Prieto para interesarlo en la fabricación de los litotriptores. Así, comenzaría a ponerse en marcha un incipiente proyecto de investigación con un objetivo doble: fabricar un litotriptor experimental y conformar para éste una nueva generación de físicos encargados del estudio de las ondas de choque 'débiles'.

¹⁰ "Una vez, el Dr. Yacamán vio en la televisión un programa que trataba sobre los aparatos que emitían ondas de choque y eran utilizados en medicina, le entusiasmó mucho el estudio de estos aparatos. En el Instituto había un grupo de investigadores trabajando con ondas de choque, pero dirigido al estudio de las altas presiones y con aplicaciones a materiales. Como había un grupo de investigadores sólidamente teórico, en este campo; le transmitió la idea al Dr. Prieto y les gustó a los dos. El Dr. Prieto, a pesar de que era físico teórico, siempre fue muy entusiasta con la parte experimental y de echar andar laboratorios. Así fue como surgió este tema de investigación" (Loske (23/03/04).

¹¹ "El Hospital ABC fue de los primeros hospitales en tener un litotriptor (Dornier HM4), después le siguió el Ángeles del Pedregal (Dornier HM4) y posteriormente Médica Sur (Lithostar Siemens)". Loske (01/10/05).

La invitación sería a su vez extendida al Dr. Frederick Yarger de la New Highlands University, cuya experiencia en la investigación experimental y en la fabricación de aparatos, sería sumamente valiosa; y también, por invitación expresa del Dr. Yacamán se sumaría al proyecto Achim Loske, quien en ese entonces, era un reciente alumno graduado de la licenciatura de física.¹²

Situados en este escenario de investigación, en 1985 comenzaría primeramente a organizarse la construcción y diseño de un generador de ondas de choque experimental. La construcción de este artefacto, establecería lo que de acuerdo a Callon (1986), podemos llamar ‘punto de pasaje obligado’: si los físicos querían dedicarse al estudio sistemático de las ondas de choque, sería indispensable que de entrada se familiarizaran con los mecanismos envueltos en la misma producción de las ondas. Más aún, ellos tendrían que probar tanto a las autoridades del Instituto como a ellos mismos que sin estar directamente relacionados con esta naciente tradición física, eran capaces de producir las ondas choque:

“En el primer paso hicimos un Mexilit 0, el Dr. Yager trajo una fuente de alto voltaje y equipo. Pero ese equipo nunca fue parte de un generador de ondas de choque. Simplemente, sabíamos que necesitábamos algo así como un volante, unos palos, llantas que antes se usaban una lavadora y ahora nosotros con eso hicimos el generador. Entonces, cuando comenzamos a investigar, ese equipo estuvo instalado en otros aparatos que no tenían nada que ver con ondas de choque. Con eso armamos el primer generador de ondas de choque por estacionados y cabía en un espacio pequeño, era como una tina chiquita. Y cuando hacíamos una onda de choque al día, ¡ya era fiesta!” (Entrevista Achim Loske, mayo 2005).

¹² “El Dr. Yacamán me llamó para iniciar el proyecto con el Dr. Prieto, quien obviamente necesitaba a alguien de tiempo completo en este proyecto. La idea me gustó mucho y le entré. El Dr. Yacamán me conocía porque yo hice mi trabajo de investigación en el IFUNAM con Víctor Castaño. En el Instituto de Investigaciones Eléctricas no se me hacía interesante, además no había tantas posibilidades para seguir estudiando” Loske (12/10/2005).

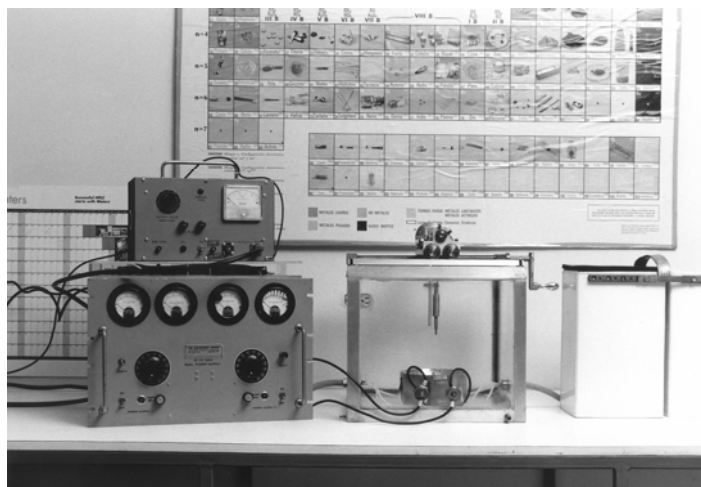


Foto 1. El primer Generador de Ondas de Choque, el *Mexilit 0*.
(Cortesía de Achim Loske)

Como producto de los primeros esfuerzos por entrar a un terreno localmente desconocido, el Dr. Prieto, el Dr. Yarger y Loske crearían el 'Mexilit 0' (foto 1). Este artefacto sería el antecedente directo del prototipo experimental con el que los físicos posteriormente se pondrían en ruta para construir un laboratorio y una línea de investigación.

4. La construcción del litotriptor experimental y la movilización de los físicos

El generador de ondas de choque experimental no es más que uno de los elementos que constituyen esta red. Con todo, diremos que la construcción de este artefacto abrió posibilidades inéditas que antes hubieran sido menos susceptibles de realizarse, las cuales permitieron a los investigadores movilizarse y extender el alcance de su red. Al crear el artefacto y al hacerlo funcionar, los físicos no sólo lograrían solucionar problemas técnicos, como el generar ondas de choque, sino también, atraerían la atención y despertarían el interés que sería necesario para la consecución de sus actividades.

Una vez puestos adelante de este punto de pasaje obligado, ellos empezarían una siguiente etapa cuyo objetivo principal sería construir un litotriptor. El pasaje a esta siguiente etapa, puede caracterizarse más por la realización de una serie de actividades diversas que terminarían por dividir temporalmente al grupo, que por la concentración de los físicos en un único punto de atención. Podemos decir, que la heterogeneidad y la complejidad de las innovaciones se encuentra aquí reflejada en las tareas particulares que cada uno de los investigadores decidió asumir. Y, justamente, es esta separación del grupo un tanto forzada y repentina que, como se ha apuntado, resulta difícil de captar cuando asumimos que los grupos que se encargan de producir innovaciones son entidades coherentes y homogéneas a lo largo de todo el proceso.

¿Qué pasa con los físicos a principios de esta segunda fase? Para poder construir el litotriptor, dos decisiones cruciales serían tomadas. Por un lado, el Dr. Prieto viajaría a Alemania por algunas semanas con el propósito de reunirse con Häusler y observar su laboratorio. En tanto, Loske se encargaría de diseñar y construir el aparato y hacer de esta actividad su principal tema de investigación. El Dr. Yarger, por su parte, regresaría a EU y se comprometería a ayudar al grupo mediante algunas visitas cruciales.

Para 1987, tiempo en el que el Dr. Prieto regresaría a México, las actividades de los físicos se concentrarían en una sólo objetivo: reproducir en la medida de lo posible la experiencia encontrada en Alemania. Esto implicaría involucrar una gran cantidad de recursos, entre los que se verían envueltos: nuevos colegas científicos, autoridades académicas, técnicos del IFUNAM, hospitales públicos y privados, doctores y cada uno de los componentes que habían sido considerados como parte esencial para el litotriptor.

De la mezcla de todos estos elementos surgiría el Mexilit I, un prototipo experimental a penas fácil de domesticar aun para los mismos investigadores. El éxito en la construcción de este primer litotriptor, mucho debería a los modelos

gráficos del litotriptor Dornier HM3 que para fines de los ochenta comenzarían a circular en varias revistas científicas. Igualmente importante sería el asesoramiento y participación del Mtro. Francisco Fernández, otro físico del Instituto entonces perteneciente al laboratorio de electrónica, quien participaría en principio de forma indirecta en la construcción de algunas piezas y en la adecuación del aparato.

Pero el hecho de mezclar de manera satisfactoria estos elementos, tomando como modelo el litotriptor clínico HM3 construido por los alemanes, probó ser una tarea nada sencilla:

“Lo primero fue adecuar, copiar, construir, conseguir, adaptar del primer equipo de donde se inspiró eso, el litotriptor electrohidráulico Dornier HM3 (Human Model 3)...”.

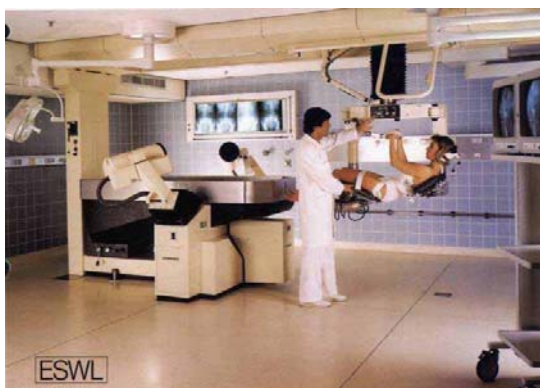
“Cada una de las partes del aparato litotriptor, la fuente de alto voltaje, el banco de condensadores, etc, inicialmente ni siquiera se había visto. Ni siquiera se tenía aquí el equipo, se vieron los condensadores, se vio el interruptor de chispa... Se vieron a nivel diagramas, a nivel libros, a nivel fotos” (Entrevista, Francisco Fernández octubre 2005).

Incluso antes de saber qué se iba a construir y cómo, los físicos intentaron trabajar junto con algunos médicos de hospitales públicos y privados, con el objeto de conocer directamente el funcionamiento del litotriptor. No obstante, involucrar a los urólogos en un primer momento fue imposible:

“...la construcción del Mexilit no era algo tan atractivo porque ya existían los equipos en los hospitales. El problema era que fue secreto industrial y nosotros no nos podíamos dar el lujo de desarmar porque no lo teníamos y en ningún hospital nos iban a dejar abrirlo...” (Achim Loske, septiembre 2005).

A lo largo de 1987, múltiples adecuaciones se llevarían a cabo para hacer funcionar el Mexilit I. La construcción de esta innovación, si bien es considerada por los mismos físicos como cuestionable porque no constituye “en estricto sentido algo novedoso”,¹³ puso las condiciones para emprender una actividad de investigación mucho más sistemática. Pero antes de concentrarnos en esta siguiente etapa, podemos cuestionar hasta qué punto la construcción del Mexilit cuenta como una copia de su homólogo, el Dornier HM3.

En la fotografía 2, tenemos el Dornier HM3 y a su lado, fotografía 2, el Mexilit II Plus que se trata del mismo equipo al que hemos estado haciendo referencia, sólo que con algunas modificaciones que han permitido que su uso sea más seguro y generalizado a estudiantes e investigadores. Lo que de entrada salta a la vista son las diferencias en el diseño de estos artefactos. Mientras que en el Dornier se hubo previsto una tina de tamaño suficiente para colocar a un humano, en la tina del Mexilit, el trabajo con humanos e incluso con algunos animales sería extremadamente complicado. Pero estas diferencias tan notorias no se detienen tan sólo en el diseño; modificaciones invisibles operables a un nivel más interno, abundan en ambos aparatos, ejemplo de ello es la propia composición del interruptor de ionización que es explicada en el siguiente pasaje:



(Foto 2. Dornier HM3)



(Foto 3. Mexilit II Plus)

¹³ Entrevista Achim Loske septiembre 2005.

El interruptor de ionización produce la descarga de alto voltaje. Es un disco ancho de acrílico. El original, que viene en el DHM3, está sellado y es de cerámica. No teníamos la tecnología para hacer uno. Hacerlo, hubiera salido costosísimo. Entonces, hicimos uno parecido y funcionó, se conecta directamente a la bujía, a los electrodos; éste recibe el pulso de la fuente de alto voltaje. (Entrevista Francisco Fernández octubre 2005).

De acuerdo a lo anterior, uno estaría tentado a decir que los artefactos son casi por completo diferentes. Sin embargo, para resolver esta cuestión es preciso explorar el prolongamiento de esta red a los estudios experimentales.

5. La estabilización del Mexilit II y la institucionalización del estudio de las ondas de choque

¿En qué difieren una innovación creada para aplicar tratamiento a pacientes humanos, de un equipo experimental fabricado como una “herramienta de trabajo” para la prosecución de la investigación aplicada? ¿cómo podemos saber qué cuenta como innovación y para quién? Finalmente, ¿cuándo la actividad de resolver problemas técnicos se transforma en la búsqueda de la investigación científica?

Hasta ahora, hemos visto desplegados algunos de los elementos más representativos que los físicos tuvieron que probar y controlar, para poner en funcionamiento el litotriptor experimental. En lo que sigue, queremos apuntar que tanto las diferencias entre un ‘original’ y su ‘copia’, como el pasaje de lo técnico a lo científico, están atadas a un proceso sin divisiones en el que las diferencias más radicales cuentan para los científicos como relativas.

En 1988, luego de un periodo de casi tres años de investigación, fue inaugurado y reconocido al interior del IFUNAM, el laboratorio de ondas de choques

débiles. Si bien la investigación realizada hasta ese entonces había consistido fundamentalmente en el diseño y construcción del Mexilit, el interés de los físicos por hacer funcionar dicho artefacto tenía otro propósito: el contribuir al naciente campo de la investigación en litotripsia extracorporal.

En este campo de la física es sabido que, aun cuando los litotriptores han contribuido de gran modo a resolver los problemas de la urolitiasis, es necesario proseguir en la investigación dado que la 'eficiencia de fragmentación de los aparatos', esto es, su capacidad para destruir cálculos, es aún limitada.¹⁴ El problema de esto no sólo se reduce a un más corto alcance de aplicación a pacientes, pues, toda la investigación mundial reconoce como prioritario resolver la limitada capacidad de fragmentación de los cálculos por medio de ondas de choque, sin que eso implique causar daños a los órganos y tejidos de los pacientes.

A muy grandes rasgos, este problema plantea un dilema para los investigadores: ¿cómo poder aumentar la fragmentación de los cálculos, disminuyendo en la medida de lo posible el daño causado por la aplicación del tratamiento de litotripsia?

Para resolver esta pregunta, dos son las estrategias que han sido identificadas como adecuadas en la mayor parte de las investigaciones mundiales; es posible mejorar la fragmentación ya sea mejorando los mismos litotriptores, ó modificando la técnica de aplicación de la litotripsia.

En el caso de los físicos, la primera opción fue la que dio paso a la apertura de su primera línea de investigación en reflectores compuestos ó bifocales. En efecto, luego de haber creado y mejorado el Mexilit, ellos se darían a la tarea de mejorar la eficiencia de fragmentación de los cálculos modificando la estructura de este componente.

¹⁴ Entrevista Achim Loske agosto 2005.

Durante esta etapa, la red se extendería para incorporar modelos de cálculo, guantes de látex, actuarios y los propios reflectores. Estos artefactos que pueden ser descritos como espejos que contribuyen a enfocar la onda, fueron contruidos dentro del mismo instituto y probados en experimentos *in vitro*.

Tales experimentos, consisten en la simulación de tratamientos médicos sólo que representados por otros actores. Para representar los pacientes, modelos de cálculo insertos en guantes de látex son colocados dentro de la tina del litotriptor y sometidos a la aplicación de ondas de choque. Después, las arenillas fragmentadas son primeramente enjuagadas en diversos coladores, luego, son recolectadas y etiquetadas, para proseguir con otros procesos. Este primer paso, no sólo intenta representar lo que ocurre en un tratamiento médico, el hecho de enjuagar las arenillas y de recolectar los restos, intenta reproducir también lo que ocurre con los cálculos después de una intervención. Normalmente, cuando un paciente litiásico es elegido como candidato para la aplicación de litotripsia, se espera que, si el tratamiento tuvo éxito, logre expulsar las piedras en sus evacuaciones urinarias habituales.

Cuando los experimentos *in vitro* transcurren sin problemas, las arenillas de los cálculos obtenidas son secadas en un horno, y después, son pesadas y sometidas a tratamientos matemáticos que mediante la diferencia de pesos - inicial y final-, terminan por ser transformadas en 'coeficientes de fragmentación'. Dichos coeficientes son luego tratados con otros procedimientos estadísticos que permiten revelar finalmente cuál es la diferencia causada por la utilización de los reflectores compuestos, frente aquella que se observa con los reflectores tradicionales.

Con la creación de los reflectores compuestos, los físicos lograrían posicionarse como un grupo de investigación dedicado al estudio de la litotripsia y reconocido en el ámbito mundial. Su primera publicación, revelaría que los tiempos en los

que viajaban las ondas de choque en los reflectores bifocales, son más cortos que aquellos que habían sido registrados con el uso del reflector tradicional, lo cual tiene como consecuencia un incremento notable en la fragmentación de los cálculos. Este pequeño avance nos pone finalmente en ruta para delinear algunas reflexiones finales.

6. Reflexiones finales

Desde nuestra visión, hay dos puntos que podemos aprender de este caso de construcción de innovaciones. El primero, a saber, es que no existe una diferencia radical entre ciencia y tecnología. El caso de los físicos apoya esta idea apelando a dos cuestiones cruciales: cuando se construye una innovación, los elementos utilizados y los conocimientos que se tienen en un primer momento para llevarla a cabo, difieren de lo que ocurre en otros contextos. Por lo que, aun cuando se espera que las innovaciones sean algo completamente inédito a nivel mundial, tanto el conocimiento local como las contingencias que están presentes a la hora de construir el aparato, relativizan aquello que cuenta como 'original' y lo que cuenta como una simple 'copia'.

La segunda cuestión, nos conduce a la propia actividad científica. Ésta, como hemos visto, no se reduce a la elaboración de teorías o leyes universales; un problema técnico, como es construir un aparato del que se desconoce su funcionamiento, implica realizar una investigación sobre todos aquellos elementos que contribuyen a generar el fenómeno deseado, que aquí, se trató justamente de la generación de ondas de choque. Lo mismo puede ser visto cuando tomamos como ejemplo los reflectores, para resolver un problema de conocimiento -idear un mecanismo que aumente la fragmentación- se requiere incorporar una serie de elementos técnicos como los reflectores y los cálculos, y extender y movilizar la red, de modo que se puedan obtener algunos resultados.

Ahora bien, el segundo punto, a saber, se trata de la propia red. Las ventajas que ofrece este método para seguir la construcción de hechos e innovaciones, son varias; pero aquí queremos resaltar en particular que una aproximación tal, nos deja un campo abierto a los investigadores interesados por la innovación, pues, como hemos visto, nos permite incorporar en el análisis elementos que comúnmente son subsidiarios en la mayoría de los enfoques tradicionales.

Con este caso, podemos decir finalmente que nuestro objetivo no ha sido tratar de dar cuenta sólo de las actividades de un grupo de investigadores, sino de tomar dichas actividades para poder reflexionar muchas de las discusiones que están presentes en los debates 'sociológicos' del estudio de la innovación.

Bibliografía

Arellano, A., 2007, "Capacidades Epistemológicas Foucaultianas: la posibilidad de los dispositivos tecnocientíficos" **Revista do Departamento de Psicologia- UFF** V.19; N.1; pp. 13-36 Jan/Jun.

Bloor, D, 1994, "*La experiencia sensorial, el materialismo y la verdad*", en León Olive (coord), **La explicación social del conocimiento**, México, UNAM, 119-147.

Callon, M., 1986, "*Éléments pour une sociologie de la traduction*", **L' Année Sociologique**, Paris, PUF, pp. 169-208.

Da Costa, I., 2005, **Teoria Ator-Rede e reflexões sobre traduções na América Latina**, Curso-Seminario.

Latour, B., 1983, "*Dadme un laboratorio y levantaré el mundo*", en: www.oei.org.co/cts/latour.htm.

-----, 1983, "*Les vues de l'sprit*" en: **Culture Technique No. 14, Paris, C.R.C.T., pp. 4-29.**

-----, 1998a, Paris, Ciudad Invisible en: www.bruno-latour.fr

-----, 2001, **La esperanza de Pandora. Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia**, Barcelona, 1ª edic., Edit. Gedisa. (Tr. Tomas Fernández Aúz. Título original: Pandora's hope. Essays on the reality of science studies, Harvard, 1999).

Law, J., 1993, "*Technology and heterogeneous engineering: The case of Portuguese Expansion*" en: **Culture Technique No. 14**, Paris, C.R.C.T., pp. 58-69.

Loske, A., 1990, **Generación de ondas de choque débiles en agua por rompimiento eléctrico**, tesis de Maestría, México, UNAM.

Loske, A., y Prieto, F., 1999, **Fundamentos técnicos de litotripsia extracorporal**, México, JGH Editors, 1a edición.

Loske, A., y Prieto, F., 2001, "*Dual-phase reflectors for extracorporal shock wave lithotripsy*", **Physica Medica**, Vol. XVII. N. 3.

Lynch, M., 1982, "*Technical Work and Critical inquiry. Investigations in a Scientific Laboratory*", en: **Social Studies of Science**. Vol. 12, Num. 4. November. pp. 499-533.

-----, 1983, "*La rétine exteriorisée*", en: **Culture Technique No. 14**, Paris, C.R.C.T., pp. 58-69. **Culture Technique**.

Orozco, M, 2007, **La construcción de las representaciones tecnocientíficas: La circulación de las traducciones en la investigación de la litotripsia extracorporal**. Tesis de Grado, UAQ, Psicología.

Pérez, C., 2003, "Revoluciones tecnológicas, cambios de paradigma y de marco socioinstitucional" en: Aboites, J., Dútrenit, G. (Coords.) Innovación, aprendizaje y creación de capacidades tecnológicas, México, UAM-Xochimilco, Porrúa Editores, pp. 13-44.

Pinch, T y Bijker, W, 1993, "*The social construction of facts and artifacts or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other*", en Bijker, W. E., Hughes, T. y Pinch, T., 1987, **The Social Construction of Technological Systems**, London, The MIT Press.

Entrevistas

Achim Loske, entrevista personal realizada el día 20 de julio del 2005 (Fuente: RMM).

Achim Loske, entrevista personal realizada el día 30 de octubre del 2006 (Fuente: MGO).

Francisco Fernández, entrevista realizada el día 10 de octubre del 2004 (Fuente: RMM).

Francisco Fernández, entrevista realizada el día 20 de octubre del 2005 (Fuente: RMM).