

Más allá del laboratorio: las dimensiones sociológicas de la ecuación de Schroedinger

Beyond Laboratory: The Sociological Dimensions of Schroedinger Equation

Miguel A.V. Ferreira

Departamento de Sociología y Política Social
Universidad de Murcia
Campus de Espinardo, s/n
30100 Murcia
ferreira@um.es

Recibido: 21.6.05
Aceptado: 8.11.05

RESUMEN

En el presente trabajo se expone sintéticamente parte de lo que ha sido una investigación empírica en el campo de la sociología del conocimiento científico. Desde la perspectiva sociológica que asume la actividad (social) productora de conocimiento científico como uno de los constituyentes epistemológicos de dicho conocimiento, se expone cómo a partir de una metodología autobservacional se ha podido constatar la naturaleza constitutivamente reflexiva de dicha actividad. Una reflexividad en la que lo formal y formalizable se entremezcla indisociablemente con lo informal y vivencial. Presentamos, a partir de estos fundamentos metodológicos, una visión (sociológica) de la ecuación de Schroedinger que la revela en su naturaleza social: más allá de su apariencia neutra, formal y matemática, muestra una virtualidad agencial y activa, muestra todas las dimensiones de un auténtico sujeto social.

Proponemos, para culminar, que el tipo de reflexividad que entendemos constitutivo de la práctica científica y, por extensión, de cualquier práctica social, se distancia de lo que ha venido definiéndose habitualmente como reflexividad, y por ello proponemos la noción de reflexividad transductiva, que pretende resaltar la dimensión creativa, vivencial e informalizable de esa práctica social.

PALABRAS CLAVE: Sociología del conocimiento científico; reflexividad; autobservación; transductividad.

ABSTRACT

In the present work it is exposed synthetically part of an empirical investigation in the field of the sociology of scientific knowledge. From the sociological perspective that assumes the (social) activity producing scientific knowledge as one of the epistemological components of this knowledge, it is exposed as, from an autobservational methodology, it has been possible to state the constitutively reflexive nature of this activity. A reflexivity in which the formal and formalizeable it is intermingled very indisociably with the existential and informalizable. We present, from these methodologic foundations a (sociological) vision of Schroedinger equation that reveals it in its social nature: beyond its neutral appearance, formal and mathematical, it shows one agencial and active potentiality, shows all the dimensions of an authentic social subject.

We propose, to culminate, that the type of reflexivity that we understand constituent of the scientific practice and, by extension, of any social practice, distance of which has come defining itself commonly like reflexivity, and for that reason we propose the notion of *transductive* reflexivity, which it tries to emphasize the creative dimension, existential and informalizable of that social practice.

KEY WORDS: Sociology of Scientific Knowledge; reflexivity; autobservation; transductivity.

I. UNA PERSPECTIVA SOCIOLÓGICA PARA EL ESTUDIO DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

A partir de los años setenta, la sociología de la ciencia abandonó sus tradicionales ataduras y emprendió la tarea de desentrañar las claves sociológicas a partir de las cuales poder alcanzar una mejor comprensión del conocimiento científico; en contra de las concepciones hasta entonces vigentes, una serie de autores decidieron inmiscuirse en cuestiones epistemológicas. Se inició el «giro sociológico en la teoría de la ciencia» (Iranzo, J. M. y Blanco, J. R. 1999)¹.

Los autores que se embarcaron en la nueva sociología del conocimiento científico consideraban que la actividad en la que estaban involucrados los científicos, los sujetos productores de ese tipo de conocimiento tan singular, era una actividad de naturaleza constitutivamente social, de tal modo que, puesto que lo que producían era fruto de dicha actividad, las influencias sociológicas tendrían consecuencias relevantes en la naturaleza del conocimiento producido. Desde esta nueva óptica, el conocimiento científico pasaba a ser considerado como una actividad de naturaleza social; el fundamento último del conocimiento científico dejaba de residir en el universo abstracto de las formulaciones lógico-matemáticas (cual era la interpretación positivista imperante hasta ese momento) y se trasladaba al substrato humano cuya actividad colectiva era fuente de tales formulaciones.

Entre las múltiples líneas de investigación que se emprendieron, una de ellas la constituyeron los estudios empíricos de las prácticas de laboratorio. Se trataba de estudios de caso de carácter antropológico en los que se observaba *in situ*, mediante observación participante, la actividad cotidiana que llevaban a cabo los científicos en el laboratorio. Uno de los estudios pioneros en

este campo fue el trabajo de Woolgar y Latour, *Laboratory Life* (1986)².

Tal línea de investigación empírica de la actividad científica constituye el precedente de nuestro trabajo: nuestras propuestas son, también, fruto de una aproximación empírica, de naturaleza antropológica, a la actividad científica; pero se trata de una aproximación que, establecida a partir de la crítica de los fundamentos metodológicos de los estudios tradicionales de laboratorio, se realizó mediante una metodología distinta. Hemos pormenorizado dicha crítica ya en un trabajo precedente (Ferreira, 2001) y a él nos remitimos; lo que entonces constituía meramente una «apuesta metodológica» ahora podemos presentarlo como fundamento de nuestras afirmaciones.

Como resultado de estas investigaciones empíricas de laboratorio, se han propuesto diversas interpretaciones de esas prácticas que han evidenciado que, efectivamente, la naturaleza social de la actividad desarrollada en el laboratorio tiene significativas consecuencias en los resultados científicos que el laboratorio produce; también se ha constatado, gracias a estos estudios, que las prácticas de un laboratorio no son constitutivamente diferentes de cualesquiera otras prácticas sociales que se puedan considerar; y así, a partir de tales evidencias, se podría concluir que la singularidad que comúnmente se le atribuye al conocimiento científico podría ser, no tanto una característica constitutiva de dicho conocimiento, sino más bien resultado del modo en que los propios científicos entienden la ciencia, ya que la forma en la que de hecho la realizan no manifiesta singularidades significativas en comparación con la forma en que se llevan a cabo otras muchas actividades sociales. Singularmente, ese modo en el que los científicos entienden la ciencia coincide con la visión que de la misma se tiene desde ciertas perspectivas

¹ Entre otras razones, una de las causas que hicieron posible a partir de esa década asumir la constitución social del conocimiento científico fue la publicación de la *Estructura de las revoluciones científicas* de Thomas Kuhn (1981): en el análisis que proponía de la lógica evolutiva del conocimiento científico, Kuhn otorgaba un papel preponderante a las «comunidades científicas», a los colectivos humanos implicados en la tarea de producir conocimiento científico; la obra de Kuhn, además de cuestionar la visión evolutiva de la ciencia de naturaleza continuista y acumulativa, señalaba que la dimensión social de las comunidades dedicadas a la producción de conocimiento científico tenía implicaciones en la naturaleza misma del conocimiento producido; es decir, que lo sociológico tenía incidencia en lo epistemológico. Esta propuesta rompía con la tradición heredada en el campo de la sociología, que excluía toda consideración de naturaleza epistemológica en los estudios sociológicos de la ciencia (Mannheim, 1963; Merton, 1985). No es de extrañar que la obra de Kuhn, un estudio histórico de la ciencia, suscitase muchos más debates en el campo de la filosofía de la ciencia que en el propiamente histórico en el que se encuadraba.

² Junto al trabajo de Woolgar y Latour, el otro estudio «clásico» es el de Knorr-Cetina (1981). De los estudios empíricos desarrollados a partir de entonces, podemos citar a Lynch (1982, 1985, 1985b, 1991), a Collins y Pinch (1979) o los trabajos más recientes de la propia Knorr-Cetina (1995, 1999); además, cabe señalar la existencia de estudios afines al desarrollado por el autor, cuyo objeto inmediato de estudio ha sido la formación de los alumnos en disciplinas científicas: Campbell (2003), Salughter *et al* (2002), Delamnot y Atkinson (2001).

filosóficas, según la cual, su excelencia como conocimiento se debe exclusivamente a su consistencia formal, lógico-matemática; de tal modo que una interpretación sociológica de la misma no puede obtener conclusiones relevantes acerca de su naturaleza. Nuestro trabajo se presenta, pues, también como crítica frente a tal visión.

Podríamos resumir nuestro trabajo como el resultado de un estudio de caso de naturaleza antropológica, realizado durante dos años en una facultad de ciencias físicas, en el que el trabajo de campo consistió en la asistencia regular a clases como alumno; el estudio habría aplicado una metodología autoobservacional –y no, entonces, la tradicional observación participante–, a partir de la cual se habría llegado a una particular interpretación de una ecuación física, la ecuación de Schroedinger; dicha interpretación establecería que la ecuación es un *sujeto social* inscrito en un proceso de aprendizaje caracterizado por la que se ha decidido denominar reflexividad transductiva.

Orientativamente, lo antedicho sería un buen comienzo introductorio; sin embargo, tal cual ha sido expresado, carece de sentido atendiendo al punto de vista desde el que se ha llevado a cabo el trabajo. Podría entenderse que hemos llevado a cabo una investigación de la ecuación de Schroedinger, sustentada por cierta perspectiva teórica y cierta metodología, cuyo resultado es una determinada interpretación sociológica de la ecuación. El problema consiste en considerar que lo relevante de la investigación es que se haya obtenido un «resultado», en este caso, una «interpretación sociológica» de una ecuación. En virtud de la perspectiva que tratamos de aplicar, sería impropio reducir la investigación, el proceso de su realización, a un simple «producto» resultante; no cabe, desde nuestro punto de vista, identificar el sentido de la investigación con el de unos resultados.

No se trata, en absoluto, de una cuestión puramente retórica: ello atendería contra la crítica que nuestro trabajo pretende ser de la visión ortodoxa o heredada de la ciencia, visión cuyo cuestionamiento propició la obra de Kuhn. Si pretendiésemos que lo que hemos realizado se entienda en

virtud de los resultados que haya producido, más bien que a partir de los fundamentos sociológicos que han permitido su producción, estaríamos aplicando sobre nuestro trabajo el mismo tipo de interpretación que esa visión que aquí criticamos aplica a la ciencia como conocimiento. Por lo tanto, si queremos justificar la pertinencia de nuestro trabajo como conocimiento sociológico de la ciencia, hemos de entenderlo de otro modo. Y no porque el autor pretenda rizar el rizo de la reflexividad (de un cierto tipo de reflexividad que también hemos criticado), sino porque es necesario exponer el trabajo propio en coherencia con lo que el mismo trabajo pretende defender que constituye el conocimiento científico en cuanto actividad social³.

Esa visión heredada de la ciencia, de la ciencia como conocimiento, considera que su naturaleza constitutiva, su especificidad y su excelencia radica en que los productos que alumbramos, con independencia y haciendo abstracción del modo en que éstos sean producidos, cumplen incuestionablemente con todos los requisitos del rigor lógico y la consistencia formal; y en su caso (hemos de excluir aquí a las matemáticas), son susceptibles de contrastación empírica (los hechos confirman la excelencia de ese conocimiento que los representa). Desde esta visión, lo fundamental, lo único a lo que hay que prestar atención es a los resultados producidos: éstos son de tal entidad que cabe prescindir de todo lo demás, en particular, cabe no tomar en consideración el modo en que tales resultados han sido obtenidos.

Desde una perspectiva sociológica, entendemos que, precisamente, el modo en que se obtienen tales resultados es de significativa importancia para entenderlos, para entenderlos en su naturaleza constitutiva, para acceder a sus fundamentos epistemológicos; los productos del conocimiento científico son obra de seres humanos que viven su vida en convivencia con otros seres humanos y que, como tales, son partícipes de la condición social de esa su existencia humana; y así, creemos que la «socialidad» constitutiva de la actividad humana que es producir conocimientos científicos es relevante para llegar a comprender la naturaleza de los productos de dicha actividad. Nos interesa, en consecuen-

³ Desde esa postura reflexivista criticada, las conclusiones que pudiéramos extraer acerca del conocimiento científico deberían revertir automáticamente sobre nuestro propio trabajo, si es que éste tiene alguna pretensión de científicidad; lo reflexivo sería una condición metodológica del trabajo de investigación... y nada más; desde nuestro punto de vista, como se verá, lo reflexivo no es una condición de la investigación, sino un ingrediente constitutivo de la realidad investigada, de las prácticas sociales. No se pretende, en consecuencia, reforzar la «posición-sujeto» (García Selgas, 1999) del investigador, sino evidenciar un condicionante de la investigación.

cia, la ciencia en tanto que actividad humana, en tanto que proceso, pues el proceso, social, que es la producción de conocimiento científico puede aportar herramientas interpretativas para la comprensión de los productos de dicho conocimiento. Y así, desde una perspectiva sociológica, la atención no se dirige hacia los «productos», sino hacia su proceso (social) de producción.

Proponemos, entonces, resaltar la dimensión «procesual» de la actividad científica, la procesualidad activa y social que, desde nuestro punto de vista, es fundamento del conocimiento científico. El conocimiento se gesta en su proceso de producción, de él surgen los resultados que son su producto; a través de una comprensión de dicho proceso de producción accederemos, de un modo distinto al tradicional, a la naturaleza constitutiva de los productos resultantes. En consecuencia, presentar nuestro propio trabajo a partir de sus resultados, eludiendo la consideración de su proceso de producción, nos haría caer en el mismo tipo de formulación que tratamos de criticar. La realización práctica de la investigación, orientada por ciertos presupuestos, ha ido generando cierto tipo de conocimiento sobre algunas cuestiones relativas a la procesualidad social y activa que es, desde nuestro punto de vista, el conocimiento científico. La comprensión de dichos presupuestos y la evidenciación de la práctica efectiva a que condujeron son lo relevante en nuestro caso. Y de todos modos, aún cuando habláramos de unos resultados, éstos únicamente serían provisionales, pues el trabajo de investigación está, a fecha actual, y desde las pretensiones originales que le dieron inicio, inconcluso⁴.

Tras lo dicho, pudiera parecer paradójico que nuestro foco de atención haya sido, precisamente, un *producto* científico, una ecuación: la ecuación de Schroedinger. Podemos ya anticipar que la forma de enfrentarnos a ella es congruente con la perspectiva que planteamos: en última instancia, como se verá, la ecuación no es el punto de partida de la investigación, sino el punto de llegada; centraremos nuestra atención en un proceso que tiene como conclusión determinada forma de entender la ecuación. La ecuación de Schroedinger no era en un inicio el objeto de estudio: resultó serlo en virtud de la realización práctica del trabajo de campo (he aquí un ejemplo de la importancia que tiene tras-

ladar la atención hacia el proceso de producción en lugar de orientarla hacia los productos resultantes: podemos hacer explícito que la ecuación no estaba desde el inicio, que fue el proceso de la investigación lo que determinó que nuestra atención se centrara en ella).

Nuestro punto de partida era la crítica al modo en el que los investigadores sociales se habían enfrentado al estudio empírico de la ciencia como actividad social. Para realizar esa tarea, en primer lugar, decidieron que el «lugar» adecuado en el que se podía localizar esa actividad en acción era el laboratorio. Eso excluía cualesquiera otros lugares posibles. Podemos aceptar, preliminarmente, que ese primer paso era adecuado. El segundo paso fue ponerse las gafas del antropólogo, del observador participante de la tribu científica. Al hacerlo, se suponía que el investigador se enfrentaba a una cultura desconocida, y que su objetivo era llegar a entender esa cultura. Ahora bien, ¿cuál es la particular cultura de la ciencia? El concepto «cultura», concepto maldito (Morin, 1995), engloba más cosas de las que se pueden abarcar, pero cabe aceptar la significativa importancia en relación a lo cultural de la dimensión simbólica que implica, y dentro de ella, del lenguaje. Es decir, para llegar a comprender la cultura científica (la cultura particular de la comunidad científica específica que se estudie), entre otras cosas, será necesario comprender el lenguaje característico de esa cultura. Este punto es el que han obviado sistemáticamente los estudios empíricos de la ciencia dedicados a la observación de las actividades de laboratorio: todos estos trabajos se han dedicado a la interpretación de las prácticas observadas como constitutivas de los quehaceres de unas comunidades organizadas en virtud de unas determinadas culturas locales particulares, unas culturas, todas ellas en su múltiple diversidad local, caracterizadas por un lenguaje particular que los investigadores desconocían

II. LENGUAJE Y REFLEXIVIDAD: LA AUTOBSEVACIÓN

El lenguaje científico, en cualquier ámbito particular de las ciencias naturales del que se trate, es el lenguaje lógico-matemático; ése es el lenguaje que se utiliza cuando se hace ciencia;

⁴ El punto provisional al que se ha llegado tiene como «resultado» más significativo un informe pormenorizado del curso efectivo de la investigación: Ferreira, 2004. Cuanto aquí se expone de manera sucinta es ampliamente desarrollado en dicho informe.

es evidente que los científicos forman parte de una cultura más amplia que la de su comunidad científica, y que ello les permite poder comunicarse con más gente que únicamente entre sus colegas; pero en lo que se refiere a la cultura científica que los hace ser lo que son, el lenguaje lógico-matemático es un ingrediente fundamental. La cultura particular de cualquier laboratorio, la cultura que se actualiza en las prácticas que en él se realicen contendrá entre sus elementos constitutivos fundamentales el del lenguaje lógico-matemático. El investigador social que pretenda estudiar antropológicamente las prácticas de un laboratorio científico tiene que llegar a entender ese lenguaje tan específico que en él se utiliza como parte de las prácticas cotidianas; si no lo hace, esa «cultura» no puede ser accesible a su investigación. Las investigaciones que se han venido realizando no han tenido en cuenta este «pequeño» obstáculo; y las consecuencias son significativas, como hemos demostrado (Ferreira, 2001) a partir del trabajo de Woolgar y Latour.

Si consideramos las propuestas etnometodológicas de Garfinkel (1984), todavía se hace más evidente la fundamental importancia que tiene para el investigador social de la ciencia manejar ese lenguaje científico (su lenguaje específico y característico, seña de identidad cultural, como lo es el de cualquier tribu australiana o africana que haya sido objeto de estudio antropológico). Una de las características que Garfinkel atribuye a las prácticas sociales es su carácter reflexivo: los sujetos miembros de una colectividad, por el hecho de ser miembros de ella, comparten todo un conjunto de representaciones, que incluyen el sentido que para ellos tiene ser quienes son y lo que hacen, de las prácticas que realizan; esas representaciones se actualizan en la propia práctica para darle sentido, un sentido social: la práctica se nutre y se constituye en virtud de la representación que de ella se hacen sus agentes. La práctica es la que es, y no otra cualquiera, porque los sujetos que la llevan a cabo incorporan determinadas representaciones de la misma, en virtud de cómo se entienden y del sentido que le dan a lo que hacen, y al realizarla, los sujetos van configurando a su vez las representaciones que se hacen de sí mismos y de esa práctica para seguir actualizándolas en el futuro. Las prácticas se constituyen como tales en virtud de las representaciones que de ellas tienen sus agentes, al tiempo que las representaciones se configuran en virtud de las prácticas en las que se incorpo-

ran. Esta reflexividad constitutiva de las prácticas sociales implica una conjugación indisociable de lo práctico y de lo cognitivo.

Trasladado esto a la práctica social que se presupone que es la actividad científica de un laboratorio, significaría que para entenderla en su constitución como práctica social habría que acceder a esa conjugación reflexiva de lo práctico y lo cognitivo que en ella se daría. Supondría considerar, como dice Garfinkel, que las representaciones no son simples representaciones, sino que por actualizarse en la práctica son ingredientes de esa misma práctica. Habría, entonces, que acceder a las representaciones que los científicos (y por ser científicos y no cualquier otra cosa) actualizan en sus prácticas; representaciones en virtud de las cuales la actividad que realizan tiene, para ellos, determinado sentido y que, al mismo tiempo, constituyen ellas mismas ingredientes prácticos. Los estudios empíricos de la ciencia, como mucho, han accedido a las representaciones que los científicos han suministrado al investigador social, en el lenguaje propio de la cultura de la que ambos participan y no en el lenguaje propio y específico de la cultura científica, que el investigador les ha demandado. Esas representaciones no son, de hecho, las que el científico actualiza, de aceptar las premisas etnometodológicas, en su actividad práctica como científico; esas no son las representaciones en virtud de las cuales se entiende a sí mismo como científico y su actividad como científica. Luego, a partir de ellas no se puede acceder plenamente a la cultura del laboratorio.

No decimos que los estudios como el de Woolgar y Latour no produzcan resultados relevantes, todo lo contrario; pero esos resultados no pueden aprehender la actividad científica sobre la base de la reflexividad constitutiva de las prácticas que se desarrollan en el laboratorio. Las representaciones que se aplican para la comprensión de la cultura de laboratorio no pertenecen al repertorio de esa propia cultura; son una sobreimposición producida o inducida por el investigador, que efectivamente puede arrojar unos resultados sociológicamente significativos, pero que habrá obviado la naturaleza constitutivamente reflexiva de la actividad social del laboratorio.

Por lo tanto, si se quiere acceder a una comprensión íntegra de la actividad científica que se realiza en el laboratorio mediante un estudio antropológico, será menester aprender la lengua de la tribu; eso permitirá al investigador social inscribirse, más que desde la observación parti-

cipante, desde la participación observante, en las prácticas del laboratorio, pudiendo así compartir las representaciones que en ella se actualizan, para entenderlas en los términos en los que las entienden y aplican los propios científicos; así, se podrá dar una interpretación, anclada en esa conjugación práctico-cognitiva que implica la reflexividad constitutiva, de la actividad social que se desarrolla en el laboratorio. No habrá sobreimposición y no será necesaria la aplicación de categorías interpretativas extrínsecas a las que la propia práctica proporciona.

Algunas voces se han alzado ya para señalar que aprender el lenguaje de la ciencia y aplicar a la interpretación de la actividad científica, partiendo de ese aprendizaje, categorías interpretativas (representaciones) propias de la cultura científica estudiada puede ser un ejercicio más o menos ingenioso, pero nunca será «hacer sociología». Efectivamente, nos apresuramos a asentar, eso, *sólo* eso, no es sociología. La empresa sociológica dedicada a la investigación del conocimiento científico pretende, debe pretender, ser una empresa de conocimiento, y como tal, constituirse en base a unas prácticas y en virtud de una determinada «cultura», una cultura de carácter científico. El científico social ha de llevar a cabo su actividad como tal aplicando la cultura que le es propia y el conjunto de categorías interpretativas y de representaciones que forman parte de dicha cultura. Lo que aquí se plantea no es «abandonar» la empresa sociológica, tampoco la asimilación completa a la cultura nativa. La adquisición de competencia en el lenguaje científico es un paso preliminar, necesario a nuestro entender, que nos sitúa en la perspectiva interpretativa de los sujetos que estudiamos; una perspectiva necesaria si aceptamos la dimensión reflexiva de las prácticas que realizan. Gracias al acceso a ese universo de representaciones propio de la cultura científica, y en consecuencia, al sentido práctico de sus actualizaciones efectivas, podremos interpretar sociológicamente el sentido que, para nosotros, tiene esa actividad; será, necesariamente, un sentido distinto del que le atribuyen sus sujetos protagonistas, pero un sentido que no será fruto de la sobreimposición de categorías extrínsecas al proceso en el que se lleva a cabo esa actividad, sino fruto de la asimilación de las categorías interpretativas propias del mismo. Se podrá estar o no de acuerdo con esta perspectiva; lo que es evidente, en uno u otro caso, es que las interpretaciones (sociológicas, recalquemos) que posibilita son substancial-

mente distintas de aquéllas que se construyen desde el desconocimiento de ese lenguaje tan peculiar.

Podemos anticipar una consecuencia de la postura aquí defendida: nuestro trabajo se sitúa en una frontera disciplinar, entre la ciencia física y la ciencia sociológica; entre la física cuántica y la sociología del conocimiento científico. Y lo hace porque se nutre de las categorías propias de ambas disciplinas, categorías que conjugan para la producción de una determinada interpretación de una ecuación. Y sin embargo, constituyéndose simultáneamente sobre la base de ambas, el trabajo termina por no pertenecer a ninguna de ellas. La razón es evidente: ese lugar no lo decide el autor del trabajo, sino los pobladores de los territorios en cuya frontera ha decidido asentar el campamento. Nuestro trabajo, pese a contener ingredientes reconocibles como pertenecientes al campo disciplinar de la física, será cualquier cosa menos física propiamente dicha según la interpretación de cualquier físico; nuestro trabajo, pese a aplicar herramientas conceptuales y teóricas del campo de la sociología, será algo que dista mucho de ser sociología en sentido estricto. Para unos, habrá un exceso de interpretaciones fuera de lugar, que nada aportan al avance de la ciencia física; para los otros, habrá un exceso de formulaciones matemáticas y conceptos físicos de carácter técnico que nada aportan al progreso del conocimiento sociológico. Nuestro trabajo habrá quedado firmemente establecido en un «no lugar» disciplinar.

Era algo que presuponíamos; que presuponíamos y aceptábamos de buen grado, pues viene a confirmar algunas de las presuposiciones que dan sentido al trabajo realizado. Qué es lo que algo sea —la ciencia, la ecuación de Schroedinger, un estudio antropológico sobre la ecuación de Schroedinger o el método dramático de Concha Velasco— dependerá de la perspectiva teórica y el punto de vista de quien lo observe, interprete o considere. Por eso para nosotros la ecuación de Schroedinger es algo distinto de lo que es para un físico común; por eso nuestro trabajo es algo muy distinto para nosotros, para un físico o para un sociólogo común. Ello forma parte de la condición reflexiva de las prácticas en las que nos constituimos como actores y observadores del mundo; cada contexto de acción genera un conjunto de representaciones apropiadas, representaciones a partir de las cuales se entiende y actúa en el mundo; y así, bajo una misma apariencia formal, los significados

atribuidos pueden ser notoriamente dispares en virtud de la particular reflexividad a partir de la cual hemos ido constituyendo las categorías representativas con las que actuamos. Nuestro trabajo, entonces, no podía partir de la ecuación de Schroedinger, sino llegar a ella a través de un proceso práctico de aprendizaje en el se fueron adquiriendo las capacidades necesarias para dotarla de significado; un significado singular por la singularidad de dicho proceso.

Nuestra intención inicial era aprender el lenguaje de la tribu, entendiendo que ello era el paso previo necesario para poder ulteriormente llevar a cabo una investigación empírica de la actividad científica que tuviese en consideración la reflexividad social. Por eso nuestro trabajo de campo se ha desarrollado en una facultad de ciencias físicas y no en un acelerador de partículas. (En ambos «lugares» podríamos haber encontrado, de un modo u otro, la ecuación de Schroedinger).

Esa intención inicial sigue presente y da sentido al trabajo realizado: ahora entendemos la ecuación de Schroedinger de un modo que no nos sería posible antes de haber estudiado la física que estudiamos asistiendo a clases en la facultad. Pero desde esa perspectiva, tomar como punto de referencia la ecuación de Schroedinger no tendría mucho sentido; la ecuación se inscribiría en el conjunto de conceptos y herramientas teóricas y metodológicas que configuran las capacidades representativas del físico en tanto que físico; sería, en consecuencia, uno más entre los muchos puntos de referencia posibles ¿por qué ése en lugar de otro cualquiera? Si la ecuación se ha convertido en el punto de referencia central es porque, como ecuación de la física, tiene unas implicaciones que exceden el propio ámbito de la ciencia física: es un exponente de la ruptura que supuso la física cuántica respecto a los fundamentos en los que se asentaba la física clásica, y una ruptura que ponía en cuestión el sentido mismo de lo que era «conocer».

En la ecuación de Schroedinger están implícitos principios que podemos entender que nosotros mismos hemos aplicado a la hora de interpretarla: está implícito el principio de incertidumbre de Heisenberg, la constitución probabilística de la materia y su dualidad ondulatorio-corpúscular. Y

lo están de determinada forma, pues, por ejemplo, la interpretación probabilística desde la que se aplica la ecuación de Schroedinger es eso, una «interpretación», lo que significa que hay otras interpretaciones posibles que se pueden aplicar a la ecuación. Forma parte de nuestras consideraciones sociológicas el hecho de que existiendo alternativas interpretativas posibles a la probabilística, éstas no aparezcan más que testimonialmente durante la licenciatura⁵.

De todas las implicaciones asociadas a la ecuación de Schroedinger, probablemente el principio de incertidumbre sea de especial relevancia en nuestro caso, pues contribuye con un nuevo argumento a la crítica que planteamos a los estudios antropológicos de laboratorio. La razón es metodológica: según el principio de incertidumbre de Heisenberg, no es posible determinar de forma simultánea algunas variables dinámicas de los sistemas físicos que estudia la mecánica cuántica, como posición y velocidad, o energía y tiempo. La razón de ello es que la medición altera las condiciones físicas del sistema que se está midiendo: el acto de medir varía las condiciones en las que estaba aquello que se pretendía medir. Si registro la velocidad de un electrón, no podré, por la alteración que supone sobre el electrón esa medición, determinar su posición. Toda medida en física cuántica es un acto perturbador que altera las condiciones del objeto observado por el mero hecho de efectuar dicha observación.

La implicación metodológica del principio de Heisenberg es fundamental. Podemos considerar que «medir» y «observar» son términos equivalentes en física cuántica, pues la realización de una medición implica una observación. Por lo tanto, la observación, como acto práctico para la realización de una medida, supone la alteración del objeto que se desea observar / medir. No se trata de un defecto que se pueda corregir mediante unos procedimientos metodológicos rigurosos, sino que es una consecuencia inevitable de la constitución corpuscular-ondulatoria de la materia. ¿Se puede aceptar que este condicionante metodológico afecte no sólo a las mediciones que pueda hacer la física cuántica? Según nuestro parecer, esa indeterminación inscrita en

⁵ Abundando en lo que señalábamos anteriormente, lo que sea la ecuación de Schroedinger variará significativamente dependiendo de si se acepta la interpretación probabilística o no; y en este caso, serían dos significados de la ecuación rigurosamente físicos; cabe señalar que uno de los principales detractores de la interpretación probabilística fue Albert Einstein, cuyo premio nobel se debió, no a su Teoría de la Relatividad, sino a sus aportaciones en el campo de la física cuántica. Qu actualmente, en el campo de la física, prácticamente no tenga cabida una interpretación no probabilística no significa que ésta no sea posible; simplemente, ha triunfado una de las opciones disponibles.

la observación de los fenómenos es, si cabe, más relevante en el terreno sociológico.

No es muy difícil aceptar que la presencia de un antropólogo en un laboratorio sea perturbadora para la marcha usual del mismo. Al igual que sucede en física cuántica, los resultados que pueda obtener serán fruto de la alteración que haya producido sobre la actividad del laboratorio su presencia como observador, su acto práctico de observación. Si atendemos a la dimensión metodológica que conlleva aceptar la reflexividad constitutiva, podemos considerar que un observador ajeno a la actividad habitual del laboratorio será un ingrediente que alterará las prácticas del mismo, y como consecuencia, las representaciones que los científicos incorporarán a dichas prácticas, pues éstas toman en consideración la propia práctica y en ella estará presente un ingrediente novedoso que tendrán que integrar. Hemos de aceptar que esa actividad no será la misma que sería sin la presencia del antropólogo. Así pues, entendemos que la observación participante, como acto práctico que supone, por inscribirse en unas prácticas caracterizadas por la reflexividad constitutiva, implica una interferencia y alteración de aquello a lo que dirige su observación; está sometida al principio de incertidumbre.

¿Cabrá superar este obstáculo? Según la física cuántica no, lo que no ha impedido, sin embargo, que sus avances no hayan cesado desde que comenzó su andadura. Lo que sí cabe es tenerlo en consideración y aceptar que nuestro objeto de estudio es alterado por la observación que le aplicamos, y asimilar dicha interferencia como condición necesaria del conocimiento que podemos llegar a producir; ello supone un punto de partida para el cuestionamiento de las categorías epistemológicas tradicionales de sujeto y objeto, pues esa interferencia que supone toda observación sobre lo observado apunta hacia la imposibilidad de trazar una frontera entre sujeto y objeto que el primero pueda «atravesar» mediante su conocimiento, manteniendo inalteradas las condiciones según las cuales se puede definir a sí mismo como sujeto y al objeto que pretende conocer. Todo acto de conocimiento supone la interpenetración entre sujeto que cono-

ce y objeto conocido, una afectación mutua que es la que permite que el acto de conocer pueda llevarse a cabo en la práctica. Y ello es así porque, desde nuestra perspectiva, el conocimiento no es una operación abstracta, sino práctica, y como tal, socialmente constituida: ese es el punto de partida en el que nos hemos situado.

Ahora bien, no estamos afirmando que el principio de incertidumbre de Heisenberg sea aplicable a cuestiones sociológicas. El principio de incertidumbre de Heisenberg, perfectamente circunscrito en el ámbito de la mecánica cuántica y sólo en él aplicable (pues se refiere a variables dinámicas como la velocidad, la posición o la energía) nos indica una peculiaridad significativa en términos epistemológicos que cuestiona, si lo extrapolamos a la teoría del conocimiento, las categorías tradicionales. Desde nuestra perspectiva sociológica, aceptamos, con o sin el principio de Heisenberg, la perturbación que supone todo acto de conocimiento que aplicamos a nuestros objetos de referencia⁶. De tal modo que en la ecuación de Schroedinger está implícito un principio que se corresponde con nuestros planteamientos de partida; quien no acepte la analogía como «método» de conocimiento encontrará nuestras propuestas indefendibles (podemos dar fe, en cualquier caso, de que el recurso a la analogía es ampliamente utilizado en las aulas de una facultad de ciencias físicas, por si algún reticente a su aceptación lo fuera desde un cierto complejo de inferioridad que tiene como modelo de referencia el rigor formal que se presupone rige en las disciplinas «propriamente» científicas).

Digámoslo de la siguiente forma: necesitamos un objeto de estudio que no sea tal, de modo que no lo alteremos al observarlo; pudiera ser un objeto de estudio en proceso de constitución, un proceso en el cual nos pudiéramos integrar, constituyéndonos nosotros mismos, también, en ese proceso, a la vez como sujeto y como objeto. De tal modo que no habría que asumir de partida frontera alguna entre ambos, sujeto y objeto, y se pudiera reconocer su mutua constitución, y reconocerla de manera práctica. ¿Y si nuestro objeto de estudio pudiera ser entendido en sí mismo como un proceso? Ya hemos anticipado

⁶ Hace ya unos cuantos años, una entidad pública decidió financiar una investigación sobre la reinserción social de ex-drogadictos. Se decidió llevar a cabo el estudio realizando entrevistas en profundidad a un colectivo seleccionado de ex-drogadictos reinsertados. Al poco de iniciarse el estudio éste hubo de ser suspendido: se constató que la experiencia tan traumática que suponía el relato de su propia experiencia, reviviendo simbólicamente todos sus detalles (pues en eso consistían las entrevistas en profundidad) hacía que los entrevistados, que en el momento de serlo habían dejado de ser consumidores de droga, recaían de nuevo en su adicción. ¿puede ser más perturbador un «acto de observación» de la realidad social?

la procesualidad como una dimensión prioritaria; ahora se trata de traducirla en términos operativos. Entender el conocimiento científico como una actividad implica considerar que existen unos sujetos, los científicos, que la realizan; para poder realizar esa actividad han tenido que llegar a adquirir la «cultura» específica que la misma implica, lo cual supone que habrán tenido que vivir un proceso de aprendizaje. El proceso de aprendizaje de un científico es el proceso en el que se forma como tal, como sujeto competente para el ulterior ejercicio de la actividad científica. Luego, si dirigimos nuestra atención hacia el proceso de formación del científico, lo estaremos haciendo hacia el proceso de formación de quienes en el futuro constituirán lo que de partida es nuestro objeto de estudio (la actividad científica). Y para tener en consideración las implicaciones del principio de incertidumbre, habremos de hacer eso de una manera determinada: habremos de formar parte junto con ellos de ese mismo proceso de aprendizaje (no seremos ajenos a lo que tratamos de investigar, no seremos un observador perturbador, no en la misma medida, al menos, que lo es el antropólogo en el laboratorio).

El proceso de formación del científico es el proceso de formación de nuestro objeto de estudio, la actividad científica; nuestro trabajo de campo se ha llevado a cabo en una facultad de ciencias físicas para acceder a dicho proceso. Pero nuestro objetivo no era observar cómo los alumnos aprenden física, sino participar en ese aprendizaje, aprendiendo física como los alumnos lo hacen. Ahora bien, en la realización práctica de ese aprendizaje, era obvio que estaba presente que además de estar aprendiendo física se estaba realizando una actividad que ulteriormente habría de ser entendida como un trabajo de campo antropológico. El trabajo de campo era plenamente participativo, pero la observación de ese aprendizaje era una virtualidad inscrita en la participación que se sabía habría de ser utilizada en el futuro. Eso nos sitúa de pleno en la metodología autobservacional y evidencia la dualidad que la misma supone: el investigador es a un tiempo participante y observador de la participación (a diferencia de la observación participante, que supone una prioridad metodológica de lo observacional y una participación residual—siempre nos ha resultado difícil de entender que lo que hace un antropólogo cuando se traslada al hábitat de su tribu de estudio se califique como participativo: una observación participante de la

estructura de parentesco implicaría participar en esa estructura de parentesco, por ejemplo, cosa que si ha hecho algún antropólogo, nunca ha sido confesada en monografía alguna—).

Nuestra investigación ha sido y es autobservacional porque se fundamenta en la práctica efectiva como participante pleno en un proceso que luego se analiza desde la observación de la propia práctica, desde la auto-observación de la práctica. Pero para llevar eso a cabo hay que convivir con la contradicción lógica de ser, al mismo tiempo y de manera indisociable, participante (y presupuestamente «ingenuo» en tanto que tal) y observador, y decimos contradicción lógica porque significa, desde las categorías epistemológicas tradicionales, ser a un tiempo sujeto y objeto en una empresa de conocimiento. Y puesto que la pretensión es un conocimiento sociológico, esa circularidad no se traduce en un ejercicio introspectivo o de auto-análisis, sino que considera que a través de la experiencia práctica de la participación se accede a los mecanismos sociales que configuran el proceso en el que se está participando, mecanismos que, por la dualidad observacional adherida a la práctica participativa, luego se estará en condiciones de evidenciar.

Puesto que partimos del presupuesto de que toda práctica social, entre ellas la actividad científica, la desarrollada en un laboratorio tanto como la actividad de aprendizaje en una facultad de ciencias físicas, es constitutivamente reflexiva, para interpretar autobservacionalmente el proceso de aprendizaje del científico habrá que tener en cuenta esa conjugación práctico-cognitiva que tal reflexividad implica: el proceso de aprendizaje en una facultad de ciencias físicas conjuga ingredientes cognitivos con ingredientes prácticos, en esa mezcla insoluble que presupone la reflexividad constitutiva; implica una práctica que se constituye en virtud de las representaciones que en ella actualizan los sujetos participantes, representaciones que, a su vez, se van configurando en virtud de esa misma actualización práctica.

III. LA ECUACIÓN DE SCHROEDINGER: UN SUJETO SOCIAL

Y con ello llegamos finalmente a la ecuación de Schroedinger como referencia fundamental de nuestro estudio del proceso de formación del científico. Podemos entenderla como parte de

esas representaciones que se actualizan en el ejercicio reflexivo de la actividad científica en proceso de formación que supone el aprendizaje en una facultad de ciencias. Siendo eso así, no sería posible entenderla más que a través de las prácticas en las que es incluida. No bastaría conocer sus fundamentos puramente formales, sino que habría que entender que su sentido integral depende de cómo los sujetos que la incluyen entre sus representaciones la llevan como tal a la práctica, la incluyen reflexivamente en ella. Es decir, habría que entenderla, en un sentido sociológico, a partir del sentido estrictamente físico que tiene para sus usuarios, tanto como a partir del sentido vivencial incorporado en la práctica efectiva en la que éstos la utilizan.

En otros términos, la comprensión estrictamente formal, lógico-matemática de su sentido como ecuación física es la que el alumno tendrá como representación de la ecuación y la que actualizará en sus prácticas cotidianas; pero desde nuestra perspectiva, nosotros, como intérpretes sociológicos, habremos de conjugar ambos aspectos, su sentido puramente formal (el que tiene para los sujetos que la utilizan) y el sentido práctico y vivencial (la utilización efectiva que de ella hacen en virtud de tal sentido en la dinámica reflexiva de su aprendizaje); seremos partícipes del sentido que cualquier alumno le atribuye a la ecuación, porque habremos accedido a él bajo las mismas condiciones prácticas en las que ellos lo han hecho (dimensión participativa de la autoobservación) pero podremos, además, darle un sentido sociológico al conjugar esa dimensión estrictamente formal de la ecuación con su dimensión práctica. Podemos dar un sentido sociológico y reflexivo de la ecuación porque hemos accedido al sentido estrictamente físico que la ecuación tiene para sus usuarios. Esto debe quedar claro desde el principio: el sentido que aquí atribuimos a la ecuación de Schroedinger nunca podrá coincidir con el que le atribuye un físico, pero podemos dárselo porque conocemos cuál es ese sentido estrictamente físico que la ecuación tiene para sus usuarios.

No habrá coincidencia, pero sí continuidad, a diferencia de lo que sucede con las categorías interpretativas utilizadas por los antropólogos de laboratorio.

Por todo lo dicho, como ya anticipábamos, para nosotros no tiene sentido nuestro trabajo en términos de los resultados a los que hayamos podido llegar, sino por los fundamentos sociológicos que se han aplicado para realizarlo; en último extremo, si se quiere, nuestros resultados, entendidos como resumen formal de lo que el trabajo ha sido, son prescindibles. Dichos resultados configuran un sentido, una representación, surgida de la inscripción en una dinámica reflexiva y en consecuencia, condicionados por la práctica singular de la que se fue partícipe; a través de una experiencia práctica distinta, la conclusión final habría sido otra bien diferente.

La ecuación de Schroedinger (ESH),

$$ih \frac{\partial}{\partial t} \Psi(\vec{r}; t) = V(\vec{r}; t) \Psi(\vec{r}; t) - \frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi(\vec{r}; t)$$

es la expresión matemática que representa la evolución dinámica de los sistemas ondulatorio-corpúsculares microfísicos. Describe cómo evoluciona en el tiempo la *función de onda* (Ψ) que representa a dichos sistemas; una función de onda que tiene unas propiedades peculiares derivadas de su pertenencia a un espacio matemático particular, un espacio de funciones conocido como *espacio de Hilbert*. Por su pertenencia a dicho espacio, aunque implica la existencia de magnitudes complejas⁷, es una función de cuadrado integrable, de manera que se puede obtener mediante su módulo cuadrado la representación de la magnitud física correspondiente a la entidad que la función de onda representa, una magnitud «real»⁸.

Esto significa poner en juego un amplio conjunto de herramientas matemáticas que se adquieren en un proceso de aprendizaje en el que lo matemático cobra una naturaleza singular por su contraposición con lo estrictamente físico. Hemos constatado que las relaciones entre

⁷ Las magnitudes complejas son “números” de dos dimensiones, que contienen una parte *real*, esto es, perteneciente al conjunto de los números reales, y una parte imaginaria, no perteneciente a tal conjunto (la unidad imaginaria, *i*, puede expresarse como la raíz cuadrada de -1); los números reales son un subconjunto de los números complejos.

⁸ Que estas funciones sean de cuadrado integrable quiere decir que su módulo cuadrado, es decir, la magnitud (real) resultante de multiplicar la función por su conjugada —una magnitud compleja conjugada de otra es la que tiene la misma parte real que aquella y la imaginaria con el signo inverso—, es una magnitud finita. El “módulo” de una magnitud compleja es la distancia del punto que la representa en un plano de dos dimensiones (una real y otra imaginaria) respecto al origen de coordenadas; es análogo al módulo de un vector de dos dimensiones; de hecho, el álgebra de los números complejos es el mismo que la de los vectores bidimensionales, con la particularidad de incluir la unidad imaginaria.

física y matemática son ambiguas a la par que lábiles en los tratamientos de las materias que se dan en la licenciatura; La matemáticas son una herramienta de la que se sirve la física, pero no siempre se aplican del mismo modo: en ocasiones, el rigor matemático justifica los resultados; en otras, ese rigor es puesto en suspenso y se recurre a la «plausibilidad» física, es decir, a argumentos que apelan al hecho de que la física se remite a un mundo real en el que no todas las posibilidades matemáticas son de hecho posibles. Lo matemático es, a veces, fundamento de lo físico, otras, un obstáculo que hay que eludir apelando a otros argumentos. Y no existe receta alguna preestablecida que determine cuándo se ha de hacer lo uno o lo otro: el alumno ha de ir interiorizando en la práctica cotidiana esa ambigua relación, sin tener nunca certeza de cuando se impondrá lo matemático y cuando lo físico.

En concreto, por lo que se refiere a la ESH, la imposición de la plausibilidad física sobre el rigor matemático puede ser componente significativa al aceptar que la transición entre unas herramientas matemáticas (las funciones de onda) que implican la existencia de magnitudes complejas y la descripción física de los fenómenos en virtud de ellas, consista en la transposición de la propia función de onda en su módulo cuadrado, que sólo puede implicar magnitudes reales. ¿Cuál es la razón que hace necesaria esa transposición? ¿por qué de la descripción matemática del fenómeno no resulta de manera directa la magnitud física que representa al fenómeno físico? No podemos abundar aquí en la cuestión; señalemos que esta transición está condicionada por el hecho de que, por una parte, las herramientas matemáticas que se han encontrado como adecuadas para el tratamiento de estos fenómenos, por su naturaleza matemática no se ajustan al mundo de referencia para la física, al mundo «real», al de los fenómenos empíricos, de tal modo que, presupuesta la utilidad de tales herramientas, la única opción es eliminar lo que «estorba», en este caso, las unidades imagina-

rias; pues se entiende, y eso sería fuente de una discusión interesante, que las magnitudes «reales» (reales en un sentido matemático, lo que significa dotadas de ciertas características formales, abstractas) son las que representan el mundo «real» (real en un sentido físico, esto es, contrastable empíricamente).

Para llegar a entender la ecuación en tanto que descripción matemática de esos fenómenos, en consecuencia, las habilidades puestas en juego requieren de un elevado conocimiento de los procedimientos matemáticos necesarios, así como del uso de los «dos dedos de frente» que tienen que suplir al método riguroso cuando este método se evidencia insuficiente⁹. No es una trivialidad esto: bajo esos símbolos matemáticos que transcriben de manera aparentemente sencilla lo que es la ecuación de Schroedinger se oculta todo un amplio universo de prácticas cotidianas de resolución de problemas matemáticos mediante la aplicación de ese *habitus* (Bourdieu, 1991)¹⁰ que cabalga entre el método riguroso (que supone la primacía del imperativo matemático) y su supresión cuando deja de ser un recurso útil y se convierte en un obstáculo. Los conceptos «función de onda» y «espacio de Hilbert» entrañan muchas horas en las aulas aprendiendo a combinar ambas vertientes de ese tipo de habilidad; por eso, la mera descripción de la ecuación a partir de su transcripción matemática resulta harto insuficiente: esa formalidad pareciera indicar que siempre el rigor matemático está presente y fundamenta toda posible afirmación física; la vivencia práctica, concreta y cotidiana en el manejo de las herramientas utilizadas revela una realidad bien distinta.

Para esa descripción de la evolución en el tiempo que aporta la ESH, lo fundamental es conocer el hamiltoniano del sistema considerado, que representa su energía; dicho hamiltoniano, suma de las energías potencial y cinética del sistema, es en realidad el *operador* que aparece en la ecuación en el segundo término «actuando» sobre la función de onda¹¹. Esto significa

⁹ Los métodos son para los que no tienen dos dedos de frente; uno tiene que buscarse la vida, comentaba un profesor en una de las asignaturas.

¹⁰ En nuestro caso, podemos entender el *habitus* como la capacidad de acción de los sujetos orientada por las representaciones que en ella actualizan y que van definiendo un particular «estilo» de vida, representaciones que son fruto de la experiencia práctica precedente y que generan la práctica que las redefinirá, como representaciones, en el curso de las acciones futuras; son esas disposiciones estructuradas y estructurantes que formulaba Bourdieu, que nosotros asociamos a la indisolubilidad de lo práctico y lo cognitivo derivada de la reflexividad constitutiva de las prácticas sociales.

¹¹ En física, clásica y cuántica, las variables dinámicas se representan mediante funciones matemáticas; para medir una variable clásica basta hallar el valor de la función en un instante determinado; para medir una variable en física cuántica, hay que hallar, tanto ese valor, como la alteración sufrida por el sistema medido fruto de la medición (principio de incertidumbre); los operadores matemáticos (conjuntos de instrucciones a aplicar a las funciones) expresan esa alteración, por eso se dice que «actúan» sobre las funciones, pues las modifican.

que la forma que adopta la ESH como descripción de un sistema físico aplica los principios de la Mecánica Analítica, al tomar en consideración la energía del sistema en lugar de las fuerzas, que eran la referencia fundamental en el tratamiento clásico de la física newtoniana.

Entender que eso que aparece en la ESH es un hamiltoniano supone como mínimo el tránsito por la asignatura de Mecánica y Ondas, de segundo curso, en la que se explica al alumno cómo se da la transición entre un tratamiento de los problemas aplicando las ecuaciones de Newton, que se refieren a las fuerzas que actúan en el fenómeno en cuestión, hasta la formulación de Hamilton, que elimina las fuerzas y las sustituye por la energía. En ese momento el alumno se las habrá de ver con operaciones que implican, por ejemplo, «algunos rudimentos de cálculo variacional» —citamos al profesor— en los que se introduce el concepto de «desplazamiento virtual»¹²; previamente se han definido las ligaduras del sistema y se han obtenido las velocidades generalizadas. Puesto que es una asignatura de física, que no de matemáticas, dichas herramientas se aplican por su utilidad, dejando al margen justificación alguna o consideraciones acerca de su rigor (matemático). En este momento se ha invertido el imperativo de la plausibilidad física y lo matemático impera por necesidad; se elude toda consideración respecto a la cuestión: hacen falta ciertas herramientas matemáticas y éstas se introducen y aplican. Llegados al final, tenemos lo buscado, la formulación axiomática de la Mecánica Analítica, que ya podemos manejar. Cuando el alumno detecta un «hamiltoniano» en la ESH, ha incorporado esa otra vertiente de la confusa relación entre física y matemáticas que ha vivido en las aulas, según la cual en determinadas ocasiones se requieren instrumentos matemáticos que todavía no está en condiciones de entender y que debe simplemente asumir; dado ese paso, se ha acostumbrado a utilizar los resultados, físicos, que han sido producto de la utilización de tales instrumentos. ¿Cuándo decidirse en un sentido y cuándo en otro? El *habitus* irá configurando, mediante la experiencia práctica, no formalizable ni codificable, las aptitudes necesarias que desarrollarán ese «olfato».

Podríamos también aludir al abundante recurso a la analogía en las demostraciones; un recurso que no es presentado como tal sino que se reviste con la apariencia del rigor argumental de

la lógica causal. Son muchas las ocasiones en las que se presupone el resultado que se debería obtener en un caso concreto, en virtud de las analogías con otros fenómenos bien conocidos; a partir de ello se procede a la demostración, mediante procedimientos aparentemente formales, pero en los cuales las decisiones intermedias son tomadas en virtud de la analogía de partida (y a veces ateniéndose a criterios de rigor matemático, y otras sorteando esos rigores mediante la plausibilidad física); finalmente se obtiene el resultado y se dice que su obtención justifica haber partido de la analogía inicial —el resultado justifica la analogía cuando lo cierto es que se ha llegado a él siguiendo las indicaciones que dicha analogía va determinando; la analogía produce el resultado que la justifica—.

El conjunto de evidencias empíricas recogidas es amplio y no tiene aquí cabida; no se trata de pormenorizar todo el conjunto de los detalles cotidianos que van revelando esa disociación de la práctica efectiva respecto de la formalizada transcrita, el substrato vivido que no puede ser registrado o representado. De las innumerables experiencias concretas que lo ilustran, únicamente hemos señalado algún ejemplo como constatación.

En definitiva, de lo que se trata es de entender esa dualidad inscrita en el sentido atribuible de la ecuación; entender que dicho sentido depende en igual medida de los conceptos formales que configuran la visión «ortodoxa» de la ecuación, como de los procesos prácticos de utilización de los mismos. El aprendizaje es un aprendizaje reflexivo porque en su cotidiana realización práctica se actualiza ambas vertientes: el alumno es un sujeto reflexivo de conocimiento, un sujeto social que adquiere las aptitudes de futuro físico mediante la conjugación de esas representaciones formales con la práctica que implica que en su aplicación se hayan de activar toda una serie de usos no formalizables. La ecuación de Schroedinger expresa esa flexibilidad constitutiva del proceso social que es su aprendizaje porque conjuga la ortodoxia formal de su expresión con la práctica no formalizable que bajo dicha ortodoxia ha hecho posible que se pueda entender en el sentido rigurosamente físico que tiene para el alumno...

Siguiendo las indicaciones de Woolgar (1992), no hemos tratado de partir de la ecuación de Schroedinger como hecho ya estableci-

¹² Concepto derivado de un tipo de cálculo variacional que el alumno, a esas alturas, desconoce por completo.

do para interpretarla dándole un sentido sociológico. La operación es exactamente la inversa: construir, en el desarrollo de la investigación, un sentido del proceso vivencial de aprendizaje por parte del sujeto-científico, del futuro físico, cuyo resultado final sea la ecuación de Schroedinger. Se trata de averiguar con qué objeto nos acabamos encontrando en virtud de la representación que de él nos hacemos.

Podemos resumir el resultado formal de la investigación en dos afirmaciones: primera, *la ESH es un sujeto social*. Es decir, como representación, como formulación matemática de ciertos fenómenos físicos, la ecuación de Schroedinger no es nada. Para su comprensión, según la perspectiva de la que hemos partido, será necesaria cierta posición interpretativa que la dote de sentido y, así, la constituya como objeto de conocimiento (pues en sustancia, en sí misma, no es tampoco nada: su objetividad reside en que ella misma se presupone representación de ciertos fenómenos reales, objetivos, materiales; la ESH es una representación, un «producto» del conocimiento científico y, como tal, según nuestra perspectiva, estará sujeto a variabilidad interpretativa). Para llegar a alcanzar esa posición interpretativa es necesario el recorrido, práctico y vivencial, por un proceso de aprendizaje que supone, tanto la incorporación de un amplio conjunto de conceptos y herramientas puramente formales, como la experiencia cotidiana no formalizable de su puesta en funcionamiento¹³. Por un lado, funciones de onda, hamiltonianos, espacios de Hilbert, ecuaciones diferenciales, potenciales, momentos cinéticos, incertidumbres probabilísticas, principio de superposición, conjuntos de medida nula, funciones lipschitzianas, magnitudes imaginarias, módulos cuadrados, operadores diferenciales e integrales, conmutadores, funciones de Green, series de Fourier, etc., etc., etc.; por el otro, plausibilidad versus rigor, dedos de frente o método riguroso según el caso, formalidad lógico-deductiva o analogía, trolas, la triple locura que se requiere para entender cosas como las

superficies de Riemann, los campos estadísticos fantasmales, el desasosiego traducido en frases del tipo «que no haya causalidad... no quiere decir... no puede querer decir que no haya causalidad...», la distinción entre metafísica y filosofía, los decretazos, los inventos matemáticos y los modelos físicos ideales, los boniatos rebozados, las ideillas y chapuzas de los precedentes históricos, que la masa sea lo que uno quiera entender por masa, que salga la «ley de verdad» diciendo «tonterías» pero que cuando uno trabaja con «cosas sin sentido» le pueden «salir» velocidades mayores que la de la luz, etc., etc., etc.¹⁴.

La ESH sólo cobra sentido para un sujeto (un ser humano; dejemos de lado categorías epistemológicas) que la pueda entender de algún modo: la adquisición de ese sentido implica la conjugación de ambas componentes; y además, la priorización de lo formal sobre lo práctico y vivencial, si el sentido que se le asigna es el de representación matemática de ciertos fenómenos físicos. Al tratar de incluir la otra componente, el sentido que adquiere es distinto: el de un *sujeto social*, el de un sujeto que actúa a través de los sujetos que la ponen en juego entendiéndola como mera representación formal, porque pueden hacerlo en virtud de la vivencia práctica sobre la que han desarrollado la adquisición de esa particular comprensión de la ecuación; la ecuación *actúa* a través de aquéllos que la utilizan.

Es decir, la ESH forma parte de un entramado constitutivamente social, configurado en virtud de un proceso práctico de aprendizaje en un organismo institucionalizado de educación formal, en el que su sentido convencionalmente aceptado es el simple y transparente de fórmula matemática para la descripción de ciertos fenómenos objeto de estudio de la ciencia física. Y que eso sea así no es algo autoevidente. Es el resultado de una experiencia práctica, cotidiana, inmediata en la cual se conjugan, para configurar como resultado final ése, herramientas puramente formales, físicas y matemáticas («técnicas») con otras puramente vivenciales, prácticas

¹³ Nuestra interpretación difiere sustancialmente de la obtenida por Mackenzie (2003) en su estudio de la ecuación de Black-Scholes, utilizada en economía financiera. Su estudio parte de la idea de que en su formulación se aplicó «bricolage» y «artesanía creativa» más que trabajo matemático riguroso, y las conclusiones se centran en el carácter performativo que ha conllevado su aplicación. Es decir, de un análisis de sus orígenes, las conclusiones se trasladan a los resultados (supuestos) de aplicación práctica; la franja intermedia que implicaría una serie de sujetos dedicados a la tarea práctica de utilizarla, construyendo, tanto en los momentos de su desarrollo como en los de su aplicación, el sentido práctico que (para ellos) tenía, ha quedado al margen. Para Mackenzie nunca podría llegar a constituir la ecuación de Black-Scholes sujeto social alguno, pues no ha participado del proceso social (reflexivo) en el cual esa cualidad de la misma podría haberse evidenciado.

¹⁴ Todas estas alusiones son tomadas de las notas de campo recogidas durante el período en el que el autor fue alumno en la facultad de ciencias físicas.

(y por tanto no formalizables); y de la conjugación de ambas dimensiones resulta la constitución, práctica, concreta, cotidiana, vivencial (constituída, como tal, de ambas dimensiones) que se despliega como un *habitus*, un aprendizaje práctico en virtud del cual el sujeto-ser-humano se va constituyendo en su cualidad de (futuro) físico al tiempo que va constituyendo, él, las condiciones en virtud de las cuales se puede definir a sí mismo como tal (una práctica constitutiva-constituyente cuya dimensión intelectual, o abstracta o cognitiva se inscribe como ingrediente operativo, efectivo y material que determina a la vez que es determinado por, ese substrato inmediato y concreto). Un *habitus* que implica esa reflexividad constitutiva que proponía la etnometodología garfinkeliana, esa socialidad generada en virtud de la incorporación práctica de las representaciones que le dan sentido a las propias prácticas, y lo hacen como parte misma de ellas; una indisociabilidad de lo representacional y lo material que configura el sentido, vivencial, práctico, inmediato de cuantos elementos configuran esa socialidad.

La ESH es un sujeto social porque, en su aparente neutralidad agencial, el mero hecho de que aparezca transcrita (en un libro de texto, en un encerado, en un cuadernillo de examen...) implica la existencia de un sujeto que la entiende, a través de la mera formalidad de esa su transcripción, de determinada forma (y no de otra cualquiera), y que ella sea ésta y no otra cualquiera que pudiera ser, según el sentido a partir del cual su escritor / lector la entiende, depende de muchas circunstancias más que la de su pura evidencia formal; implica el conocimiento de los espacios de Hilbert, de las relaciones de incertidumbre de Heisenberg, de la evolución en la concepción de los modelos atómicos..., pero todo ello entendido en el sentido particular en el que en la facultad se le presentan al alumno todos esos ingredientes (no nos reiteraremos más: se sabe que, en lo que a un físico le interesa, más allá de la fundamentación matemática que da sentido a un espacio de Hilbert, éste no representa más que su aparato de medida), modo particular que en la reiteración cotidiana de ciertos aspectos propios de eso que hemos dado en

asimilar al *habitus* y a la reflexividad constitutiva, aspectos experimentados y no reducibles a codificación alguna, asigna el sentido efectivo que todo ello va adquiriendo para el alumno.

La ESH es un sujeto social porque, siendo mucho más de lo que su simple transcripción como ecuación muestra, «actúa» sobre quien la lee o escribe, sobre quien la entiende, en virtud de todo ese proceso práctico y vivencial en el que ese «entendedor» ha adquirido sus aptitudes para serlo.

No hay más misterio, ni prueba o evidencia adicional que agregar: ése es el resumen de nuestra experiencia práctica. Constatamos que la socialidad de la ecuación es una característica evidente de su consistencia como producto acabado, consolidado y firme del conocimiento científico; cada vez que alguien escribe, lee o maneja la ESH, actualiza en ese momento concreto el proceso práctico mediante el cual ha podido llegar a entender (escribiéndola, leyéndola o manejándola) la ecuación. Abstraída de esa práctica que implica su aprendizaje, reducida a su pura dimensión formal, como ecuación diferencial, o como modelo matemático representativo de ciertos fenómenos físicos, no es nada: cada uno de los símbolos incluidos en ella condensa todo el conjunto de habilidades (prácticas) necesarias para que tenga un sentido: la constante de Planck, h , implica la evidencia de que un simple «truco» de cálculo se ha transformado en principio físico de la discontinuidad constitutiva de la materia; la posibilidad de «ver» en el segundo término de la ecuación un hamiltoniano implica el recorrido por una parte del contenido de una asignatura, Mecánica y Ondas, en la que, además de los contenidos rigurosamente formales, al alumno se le informa de que Galileo era lento, no tonto –decía el profesor–; y así sucesivamente¹⁵.

IV. MAS ALLÁ DE LO REFLEXIVO

Nos resta un último paso: hemos llegado a una formulación de la ecuación de Schroedinger a partir de ciertos presupuestos de partida entre los que se incluye la consideración constitutiva-

¹⁵ En nuestro caso particular el sentido de la ESH es el que afirmamos; en el caso de cualquier alumno de licenciatura será de otra forma y de ello se derivarán las implicaciones particulares de la socialidad que a través de la ESH se expresará y actuará; y esto no significa «re-descubrir» la ecuación, sino transmitir el sentido vivencial que hemos podido asociarle, y con él darle entidad como objeto (de nuestra investigación); en última instancia, se trata de un acto hartamente pretencioso, pues pretende afirmar cómo puede un alumno atribuir un sentido a la ESH, por haber sido partícipe del mismo proceso en virtud del cual esa asignación de sentido es posible, sin compartir, al afirmarlo, dicho sentido.

mente reflexiva de las prácticas sociales. Sin embargo, hemos anticipado que habíamos optado por definirla como reflexividad *transductiva*. Ello obedece a la diferencia fundamental que creemos separa la reflexividad aquí considerada respecto de la que se ha venido consolidando como tal en numerosos trabajos en el campo de las ciencias sociales.

El concepto de «transducción» lo utiliza críticamente Jesús Ibáñez (1985) en oposición a los tradicionales procesos lógicos de inferencia, deducción e inducción; críticamente, por cuanto la transducción no sería un método de inferencia adicional o alternativo a ambos, sino que señalaría la insuficiencia de la mera inferencia lógica como fundamento del conocimiento humano. La transducción, según la entiende Ibáñez, indica una capacidad cognitiva humana que desborda los estrechos límites de la rigidez formal en la que la epistemología tradicional había encapsulado nuestros procesos cognitivos. Transducir implica, en consecuencia generar conocimiento «más allá» de los procesos formales de inferencia. Para nosotros, ese más allá alude al anclaje vivencial y práctico, a la íntima vinculación de lo práctico con lo cognitivo.

Desde ese planteamiento crítico, si atendemos a los usos efectivos que se dan del término transducción actualmente, constatamos como efectivamente el mismo alude a un proceso activo en el que un agente actúa trascendiendo los mecanismos formales de decisión; o dicho de otra forma, la transducción sitúa en primer plano a un sujeto-agente que desde las consideraciones tradicionales era un elemento secundario, puesto que lo que garantizaba el éxito de la empresa cognitiva no sería el sujeto actuante sino el rigor del procedimiento mismo. Una inferencia transductiva es imposible sin la presencia activa del transductor que la realiza; esto es, a diferencia de la inducción y la deducción, que como mecanismos lógicamente consisten-

tes de inferencia son independientes de la acción que implican (dadas las premisas o los datos de partida, debiera ser indiferente quien realice la inferencia, pues el camino está ya predeterminado)¹⁶, la transducción requiere de una acción «creativa», pone en evidencia la existencia de un autor del acto que denota como mecanismo de inferencia. Nuestras reflexiones son mucho más que pura lógica y se encarnan en la vivencia práctica en las que las producimos, actualizamos, modificamos y reintroducimos como elementos prácticos de nuestra convivencia. Nuestras reflexiones no son sólo reflexiones, son «reflexividades».

En el terreno de la bioquímica y la biomedicina se utiliza el concepto transducción para hacer referencia a la transmisión energética entre células, transmisión energética que supone una transferencia de información junto con las consecuencias que dicha transmisión implica; el concepto que de hecho se utiliza en este campo bio-químico-médico es el de «transducción de señales»¹⁷. La transducción de señales bioquímicas efectivamente indica esa presencia activa de un agente transductor, en este caso, la célula (la transducción es, tanto la transmisión de la información desde el exterior de la célula hacia su interior, como, y sobre todo, la «expresión de lo que la célula va a hacer como consecuencia»).

Otro área de uso del término, el de la semántica: «El concepto “transducción” remite a la serie de operaciones de sentido que se realizan cuando un elemento (idea, concepto, mecanismo o herramienta heurística) es trasladado de un contexto sistémico a otro. A diferencia de la idea de traducción, donde un significante es alterado a fin de mantener un significado, en la transducción la inserción de un mismo significante en un nuevo sistema genera la aparición de nuevos sentidos» (Thomas, Amilca y Dagnino, 1997). También en este caso lo transductivo comporta transmisión de información; el agente de dicha transmisión opera una alteración del «sentido» de la información

¹⁶ Esta irrelevancia del autor o agente de la inferencia en los procesos inductivos y deductivos es consecuencia de la formalidad lógica que se presupone sostiene, en tanto que métodos para la obtención de conocimiento, a ambas. Sin embargo, la necesidad de unos presupuesto de partida, teóricos o empíricos, a partir de los que aplicar la inferencia rigurosamente deductiva o inductiva señalan la presencia de un agente, de su capacidad creativa e imaginativa como condición de posibilidad para la ejecución efectiva de la inferencia. Así por ejemplo, Beltrán (2000) en su estudio comparativo de las filosofías de Lakatos y Poincaré evidencia la necesidad, señalada por ambos, de esa presencia activa de un sujeto creativo como soporte, cuando menos inicial, para que los procesos de inferencia deductivos e inductivos puedan ser aplicados. Pero la transducción lo que indica es la «continuidad», más allá de las condiciones de posibilidad de los procesos de inferencia, de la acción creativa de ese agente activo, su influencia en el proceso de la inferencia propiamente dicho.

¹⁷ «...el área de la transducción de señales (estudia) cómo se comunican las señales que le llegan a una célula hacia el interior de ella, y cómo la célula expresa lo que va a hacer de acuerdo a las señales que le llegan (...) el factor de transducción NF-KB (es) un elemento que está en el núcleo de la célula, y que cada vez que la célula recibe un “insulto” de radicales libres, en que hay estrés oxidativo, la célula estimula la producción de este factor, que actúa como un agente que “enciende la luz roja” de defensa de la célula» (PUC, 2004).

transferida, lo cual implica en él capacidad de interpretación y traducción. Hemos agregado a la información, que en el caso de la transducción de señales implicaría una información puramente sintáctica, sin contenido, reducida a flujo energético, un sentido, un sentido que se altera y que por ello supone interpretación.

Una tercera aplicación del concepto transducción la encontramos en el campo del análisis literario; en este caso, la aceptación de que el contexto socio-histórico afecta al sentido de los textos, tanto en lo que se refiere a su producción por parte del autor, como en lo que se refiere a la lectura de los mismos, lleva a considerar la existencia en ellos de una componente transductiva, en el mismo sentido que en el caso anterior, una transmisión de información con alteración del sentido. Se pone en evidencia, entonces, la necesidad de un substrato, socio-histórico, que es el que permite asignar un sentido a la información y el que posibilita esa transformación del sentido. La necesidad de interpretación que conlleva la transducción, en consecuencia, hace manifiesta la socialidad que conlleva lo interpretativo; surge la posibilidad de hacer explícita la presencia de un agente, social, en el proceso¹⁸.

Incorporar la transducción como premisa interpretativa de la reflexividad constitutiva, supone considerar que hay un «algo» transductivo en la práctica efectiva en la que dicha reflexividad se encarna, y en consecuencia, que la actividad científica, como práctica social, obedece a una lógica constitutiva dotada de una singularidad que podemos catalogar como transductiva; la remisión a un agente activo y la indicación de una transformación cualitativa en la transmisión que implica, según sus usos actuales, son ingredientes que apuntan en esa dirección, en la dirección de una implicación práctica en una vivencia que conjuga lo activo con lo cognitivo y supone creatividad. Lo trans-

ductivo incide en la apertura creativa de toda acción reflexiva, en el hecho de que esa conjugación práctico-cognitiva que supone la reflexividad constitutiva se traduce en una vivencia en la que, ni los cierres pragmáticos ni los formales pueden sustentarse.

Transducción significa agencialidad activa, implicación vivencial, conjugación permanente de cognición y práctica, novedad y creatividad. Significa que la reflexividad constitutiva no debe entenderse como formalidad representativa de una realidad social a la que hace referencia. La transducción es la «no-formalizabilidad» de la reflexividad constitutiva, que por su naturaleza no se ajusta a las categorías de conocimiento del modelo clásico: «El camino transductivo es una (re)construcción permanente del método o meta camino a lo largo del camino, por un sujeto en proceso que sigue al ser en su génesis, en su incesante producción de nuevas estructuras» (Ibáñez, 1985: 264).

La reconstrucción permanente del método expresa la imposibilidad de fundamentar método alguno con el que llevar a la práctica el conocimiento formal que en ella se pone en juego (el conocimiento formal sólo es sostenible como fundamento del conocimiento en el terreno abstracto de su pura formalidad; esa formalidad es una condición necesaria del conocimiento, más aún del científico, pero por sí misma no se traduce en práctica «real», no se traduce en conocimiento en su sentido integral). Esa reconstrucción permanente evidencia la procesualidad en la que nos hemos de instalar, como intérpretes, para la comprensión de la procesualidad constitutiva que es el conocimiento. Esto no nos dota de excelencia o superioridad cognitiva alguna, nos planta en el terreno real de la práctica en la que construimos, como aquellos sujetos que son objeto de nuestra mirada, nuestras operaciones prácticas de conocimiento, nuestras operaciones transductivas.

¹⁸ «...los textos literarios no funcionan con el único objetivo de transmitir información, sino que realizan una transformación o transducción de los significados que poseen. En este sentido, será en los textos y a través de ellos que se configuran y constituyen los propios sujetos, de manera que lo sociohistórico no será una condición externa sino interna de los procesos semióticos» (Huamán, 1999).

BIBLIOGRAFÍA

- BELTRÁN ORENES, M. P. (2000): *El concepto de prueba matemática en las caracterizaciones filosófico-metodológicas de H. Poincare e I. Lakatos*, Murcia, Publicaciones de la Universidad de Murcia, colección de Tesis Doctorales.
- BOURDIEU, P. (1991): *El sentido práctico*. Madrid, Taurus.
- CAMPBELL, R. (2003): «Preparing the Next Generation of Scientists: The Social Process of Managing Students», en *Social Studies of Science* 33 (6).
- COLLINS, H. M. y PINCH, T. (1979): «The Construction of the Paranormal: Nothing Unscientific is Happening», en R. Wallis (ed): *On the Margins of Science. The Social Construction of Rejected Knowledge. Sociological Review Monograph 27*, Stoke-on-Trent, J. H. Brookes.
- DELAMONT, S. y ATKINSON, P.A. (2001): «Doctoring Uncertainty: Mastering Craft Knowledge», en *Social Studies of Science* 31 (1).
- FERREIRA, Miguel A. V. (2001): «Más allá del laboratorio: la antropología del conocimiento científico como apuesta metodológica», *Política y Sociedad* 37, pp. 125-126.
- FERREIRA, Miguel A. V. (2004): *Vivir la ecuación de Schroedinger: una aproximación antropológica al conocimiento científico*, Madrid, Universidad Complutense de Madrid (Tesis Doctoral, en prensa).
- GARCÍA SELGAS, F. (1999): «La reflexividad y el supuesto-sujeto», en F. García Selgas y R. Ramos (eds): *Globalización, Riesgo y Reflexividad*, Madrid, Centro de Investigaciones Sociológicas.
- GARFINKEL, H. (1984): *Studies in Ethnomethodology*, Cambridge, Polity & Blackwell.
- HUAMÁN, M. A. (1999): «Literatura y sociedad: El revés de la trama», en *Revista Sociológica*, vol. 11, núm. 12, <http://sisibib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/sociologia/vol11/art091.htm>
- IBÁÑEZ, J. (1985): *Del algoritmo al sujeto: perspectivas de la investigación social*, Madrid, siglo XXI.
- IRANZO, J. M. y BLANCO, J. R. (1999): *Sociología del conocimiento científico*, Madrid y Pamplona, CIS-UPN.
- KNORR-CETINA, K. D. (1981): *The Manufacture of Knowledge. An Essay of the Constructivist and Contextual Nature of Science*, Oxford, Pergammon Press.
- KNORR-CETINA, K. D. (1995): «How Superorganisms Change: Consensus Formation and the Social Ontology of High-Energy Physics Experiments», en *Social Studies of Science* 25 (1).
- KNORR-CETINA, K. D. (1999): *Epistemic Cultures: How the Science Make Knowledge*, Cambridge, Massachussets, Londres, Harvard University Press.
- KUHN, T. S. (1981): *La estructura de las revoluciones científicas*, México, Fondo de Cultura Económica
- LYNCH, M. (1982): «Technical Work and Critical Inquiry: Investigations in a Scientific Laboratory», en *Social Studies of Science*, 12(4).
- LYNCH, M. (1985): *Art an Artifact in Laboratory Science. A Study of Shop Work and Shop Talk in a Research Laboratory*, Londres, Routledge & Kegan Paul.
- LYNCH, M. (1985b): «Discipline and the Material Form of Images: An Analysis of Scientific Visibility», en *Social Studies of Science*, 15(1).
- LYNCH, M. (1991): «Laboratory Space and the Technological Complex: An Investigation of Topical Contextures», en *Science in Context* 4(1).
- MANNHEIM, K. (1963): *Ensayos de sociología de la cultura*, Madrid, Aguilar.
- MERTON, R. K. (1985): *La sociología de la ciencia: investigaciones teóricas y empíricas*, Madrid, Alianza.
- MORIN, E. (1995): *Sociología*, Madrid, Tecnos.
- PUC (2004): Pontificia Universidad Católica de Chile, noticias on-line, <http://www.puc.cl/noticias/ficha/pub293.html>
- SLAUGHTER, S.; CAMPBELL, T.; HOLLEMAN, M. y MORGAN, E. (2002): «The “Traffic” in Graduate Students: Graduate Students as Tokens of Exchange Between Academe and Industry», en *Science, Technology and Human Values* 27 (2).
- THOMAS, H., AMILCA, D. y DAGNINO R. (1997): «Racionalidades de la interacción Universidad-Empresa en América Latina (1955-1995)», en *Espacios* vol. 18, <http://www.revistaespacios.com/a97v18n01/30971801.html>
- WOOLGAR, S. (1992): *Ciencia: abriendo la caja negra*, Barcelona, Anthropos.
- WOOLGAR, S. y LATOUR, B. (1986): *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts*, Princeton, New Jersey, Princeton University Press. [Hay traducción al castellano: *La vida en el laboratorio: la construcción de los hechos científicos*, Madrid, Alianza (1995)].