

## JERARQUÍAS DE INVESTIGADORES Y FORMAS DE INVESTIGACIÓN\*

TERRY SHINN\*\*

En las ciencias físicas, como en las ciencias sociales, los investigadores se preocupan especialmente por la precisión, la coherencia y la credibilidad de los resultados de sus investigaciones; los cuales están destinados a hacer inteligibles los fenómenos estudiados. Por ello, hemos considerado que la producción de estos resultados de investigación, que constituye el principal trabajo de los investigadores, merecía ser estudiada; especialmente al constatar que, hasta el momento, la estructura y la dinámica de estos resultados no habían sido objeto de estudios profundos.

La producción de los investigadores se halla sometida, en muchas oportunidades, a consideraciones de orden social. Sin embargo, la orientación y el contenido de los resultados de la investigación están asimismo determinados por las regularidades de los comportamientos intrínsecos de los fenómenos como tales. En este texto se estudiarán algunas de las prácticas sociales que configuran los resultados de investigación y que tienen un impacto directo sobre su producción, al mismo tiempo que se buscará explicar la forma en que los factores extra-sociales afectan esta producción. El análisis se apoyará en el estudio de una disciplina científica, la física, y específicamente, la física experimental macroscópica de la materia condensada. Está basado en la observación de las prácticas de investigación realizadas por los físicos del Laboratoire d'hydrodynamique et de mécanique physique (LHMP)<sup>1</sup> de una Grande École de París entre 1980 y 1983. Hemos podido asistir a las reuniones y a las conversaciones informales de este laboratorio, y hemos dedicado un tiempo considerable (tres días por semana en promedio, durante tres años) a la observación de estos experimentos y de los intercambios entre los investigadores a lo largo del proceso de experimentación. Asimismo, hemos seguido diversos proyectos de investigación desde sus comienzos hasta la formulación de los resultados y su publicación en diversas revistas en las que se abordan temas científicos: revistas especializadas, revistas pedagógicas y revistas de divulgación científica.

\* Publicado con la amable autorización de los editores de *Actes de la Recherche en Sciences Sociales* y del autor. Título original: "Hiérarchies des chercheurs et formes des recherches", *Actes de la Recherche en Sciences Sociales*, 74, septiembre de 1988, pp. 2-22.

\*\* Groupe d'Étude des Méthodes de l'Analyse Sociologique (GEMAS), CNRS. Correo electrónico: <shinn@msh-paris.fr>.

<sup>1</sup> Laboratorio de hidrodinámica y mecánica física. [N. del t.]

Demostraremos que existen diferentes tipos de resultados, y que éstos guardan relación con las posiciones que ocupan sus autores en la jerarquía del laboratorio. Llamaremos a esta relación, “jerarquía social de los resultados de investigación”. También será analizada una segunda jerarquía, “la jerarquía cognitiva de los resultados de investigación”: esta última, como lo demostraremos más adelante, complementa a, y compite con, la anterior. La relación entre ambas depende tanto de factores sociales como de la estructura de los enunciados emitidos por los científicos acerca de los fenómenos físicos.

La terminología que utilizaremos para describir los resultados de la investigación del laboratorio tiene un triple origen. Algunos términos forman parte del lenguaje de los físicos (solución única, condición límite, etc.); otros provienen de la filosofía de las ciencias (complejidad, anomalía, etc.); y otros, finalmente, son tomados de la sociología y las ciencias cognitivas para describir los resultados de los investigadores del LHMP (inserción, integración, evaluación de modelos, etcétera).

### PERFIL DEL LABORATORIO

En el período 1980-1983, el LHMP es reconocido, tanto en Francia como por la comunidad científica internacional, como un pujante centro de investigaciones. La capacidad de sus investigadores y el interés de sus publicaciones le otorgan una notoriedad cada vez mayor entre los físicos. Su director recibió el premio Ricard de Física en 1981, y un joven investigador obtuvo también una mención importante por su tesis de tercer ciclo. Las publicaciones de los científicos pertenecientes al LHMP en las revistas más reconocidas del ambiente, tales como *Les Comptes Rendus de L'Académie des Sciences*, *Le Journal de Mécanique*, *The Journal of Fluid Mechanics* y *Physics Review Letter*, son frecuentes.

El LHMP cuenta con entre doce y quince físicos, considerando tanto a los doctorandos como a los investigadores temporarios. Su presupuesto anual es de aproximadamente 700 mil francos franceses, que provienen de subsidios otorgados por el Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), de contratos de Action thématique programmée, de la Direction de la recherche et d'études techniques (organismo militar de investigación), de convenios con sectores industriales y de créditos provenientes de la École Supérieure de Physique et de Chimie. Es el presupuesto habitual con el que cuentan los laboratorios de esta dimensión que desarrollan sus actividades en este campo de estudios.

Hasta 1982 el LHMP consistía únicamente en un anexo interno de la École Supérieure de Physique et de Chimie, en ese año se transformó en un Equipe

de recherche associée del CNRS.<sup>2</sup> Si bien esta nueva condición no implica un aumento sustancial en la financiación que recibe, facilita el reclutamiento de nuevos investigadores altamente calificados. Hacia fines de 1986, el LHMP cuenta con un equipo de 30 personas, egresadas en su mayoría de las mejores escuelas científicas francesas, como la École Supérieure de Physique et de Chimie, la École Normale Supérieure y la École Polytechnique.

Tres rasgos distintivos caracterizan el proceso de investigación en el LHMP. En primer lugar, los investigadores trabajan casi exclusivamente en forma individual, y no en el marco de una actividad grupal centralizada. Por otro lado, las mediciones experimentales se basan en la geometría, que resulta el eje de la comprensión de los fenómenos investigados. En tercer lugar, los investigadores cambian periódicamente su foco de interés para estudiar sucesivamente diversos campos y subdisciplinas.

Cada investigador se ocupa de su proyecto de investigación en su totalidad; realiza todas las tareas que están ligadas a él, eludiendo de ese modo la división del trabajo. El investigador concibe su proyecto, diseña y construye los instrumentos, realiza el experimento, recoge, relaciona y analiza los resultados (Collins, 1974; Galison, 1985; Holton, 1978;<sup>3</sup> Ravetz, 1971; Shinn, 1983). La autonomía del investigador, en lo que se refiere a la instrumentación científica, evita una organización centrípeta del trabajo, ya que conlleva una cierta libertad en la elección de los proyectos y de los conceptos a estudiar. Esta situación contrasta, por ejemplo, con aquella de los laboratorios de física de alta-energía, donde el empleo de -o la dependencia de-, instrumentos complejos, tecnológicamente muy sofisticados, es extremadamente costoso y obliga a los físicos a someterse a las decisiones centralizadas, limitando así su libertad. Sin embargo, el hecho de que los investigadores del LHMP sean relativamente autónomos no los exime de las obligaciones que conlleva la vida colectiva del laboratorio. Su estructura jerárquica incide, en algunas oportunidades, en la orientación de la investigación. Asimismo, en ciertas ocasiones existen rivalidades para obtener las financiaciones necesarias, limitando de ese modo la libertad. A pesar de ello, los investigadores del LHMP concentrados en un proyecto específico encuentran siempre los medios para sobrellevar estas limitaciones.

Los investigadores construyen asimismo sus instrumentos, y destinan a esta tarea aproximadamente dos tercios del tiempo dedicado a la investigación. Los instrumentos que arman están compuestos por elementos de bajo costo,

<sup>2</sup> Equipo de Investigación Asociado directamente al CNRS.

<sup>3</sup> Particularmente, el capítulo sobre Millikan.

fáciles de obtener, tales como serpentinas, balines en material plástico, ventanas de observación en plexiglás, pequeñas bombas, cámaras fotográficas, etc. El uso conjunto de estos materiales utilizados en el laboratorio y de algunos instrumentos de alta tecnología constituye la base de los instrumentos científicos del LHMP. Esta instrumentación posee una calidad artesanal igual que aquella de la experimentación de la que depende.

Las señales producidas por los instrumentos del laboratorio toman formas, a veces geométricas, otras veces morfológicas (Cloître y Shinn, 1985; Denis, 1979; Fodor, 1983; Jurdant, 1984; Kosslyn, 1980; Marr, 1982; Miller, 1984; Shinn, 1987; Ziman, 1978). En un estudio sobre las estructuras de la turbulencia, por ejemplo, unas grillas giratorias y algunos “bursts” constituyen las señales experimentales. Las señales provienen de los líquidos en convección, que se presentan bajo forma de cilindros, cuadrados y hexágonos. En los experimentos de física-química y de conductividad eléctrica, las señales se asimilan a una red geométrica estructurada. Estas figuras geométricas suelen ser distinguibles a simple vista o con la ayuda de simples máquinas de fotos. Sin embargo, en ciertos casos, es necesario recurrir a procedimientos técnicos más sofisticados. Por ejemplo, es posible que fotomultiplicadores sean utilizados para detectar e, incluso, amplificar o estabilizar las señales geométricas, que luego serán tratados mediante procesos computarizados.

Estas señales, tanto si son inmediatamente visibles como si se transmiten electrónicamente, toman la forma de imágenes visuales.

No es necesario manipularlas demasiado para que se transformen en los elementos sobre los cuales se basa la comprensión de los fenómenos. La presencia, la forma y la frecuencia de una imagen dan inmediatamente indicaciones precisas. La importancia que se le otorga a la geometría permite, además, reforzar el lazo entre las mediciones experimentales controladas y las observaciones fortuitas fuera del laboratorio. Asimismo, ésta sirve de influencia para el trabajo de investigación ya que sensibiliza a los investigadores a las irregularidades que son apenas perceptibles en la observación de los fenómenos. Así, los investigadores del LHMP están atentos a todo lo que contradice las previsiones realizadas. Las inconsistencias que se relevan a lo largo de las investigaciones los llevan, en un primer momento, a interrogarse sobre la propia capacidad experimental y luego, a estudiar nuevamente el fenómeno. La mayor parte de estos investigadores detectan una cierta cantidad de anomalías, que los ayuda a comprender mejor los fenómenos que estudian.

Aparte de la geometría, el paso de un campo de estudio a otro en el seno de la misma disciplina (la física experimental de la materia condensada) es parte integrante de las actividades de los investigadores en el LHMP. Esta disciplina, en

efecto, engloba distintos campos tales como la física de los fluidos, la física de los polímeros, la física estática, la mecánica, etc. Mientras algunos investigadores cambian rara vez, durante el curso de sus carreras, de campo de estudio, para otros el abordaje de nuevos campos se da cada dos o tres años. La no-especialización y el interés por las anomalías en la física experimental de la materia condensada (Bunders, Cloître y Shinn, 1986; Lemaire, Darmon y El Nemer, 1979; Mulkay, 1974; Whitley, 1984) así como también la estructura intelectual de la disciplina favorecen este cambio. Esta estructura está formada por la existencia de numerosos nichos cognitivos, conceptuales y fenomenológicos que se entrelazan.<sup>4</sup> La disciplina no está unificada, sino que, por el contrario, es policéntrica, generando que los físicos se dediquen más al estudio de los fenómenos complejos que a teorías unificadoras.<sup>5</sup> La presencia de conjuntos cognitivos múltiples tiene como fin –al igual que la instrumentación– el cuestionamiento de la autoridad central; el control del manejo del tiempo de los investigadores y la coordinación de sus recorridos conceptuales son complejos. Esta organización del trabajo de la investigación (trabajo individual a partir de instrumentos realizados por ellos mismos, lugar central de señales geométricas perceptibles a simple vista o pasaje de un campo de estudio a otro) favorece el desarrollo de diversas categorías distintas de resultados.

### JERARQUÍA SOCIAL DE LOS RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Entre 1980 y 1983, en el LHMP hay tres categorías de científicos diferentes: los jóvenes investigadores “en formación”, los investigadores “formados” y los directores del laboratorio. Siguiendo los criterios administrativos, la categoría “en formación” reúne a los estudiantes de posgrado, los *chargés de recherche 2* y los *assistants*. Por su parte, los *mâîtres-assistants*, los *chargés de recherche 1*, los *directeurs de recherche 2* y los *professeurs de deuxième classe* constituyen el conjunto de los científicos “formados” (Blancpain,

<sup>4</sup> Prigogine sugiere que las propiedades físicas y las estructuras de los fenómenos podrían influir en las tareas intelectuales así como también en la organización social necesaria para la comprensión de los fenómenos.

<sup>5</sup> La organización de la investigación no es igual en todas las subdisciplinas. En la física de las altas energías, el trabajo se realiza de un modo muy diferente a aquél de la física experimental macroscópica. La distancia existente entre el investigador y sus instrumentos es de suma importancia. Los investigadores no construyen sus propias herramientas de trabajo. Los individuos no hacen funcionar los elementos necesarios para efectuar una manipulación. Además, cada experimento que se lleva a cabo reúne un gran número de investigadores y cada uno de ellos posee capacidades bien distintivas. Todas estas habilidades son obligatorias para generar una comprensión de los fenómenos analizados. Por último, el cálculo juega un rol central en la física de las altas energías. Los fenómenos son observados, representados y comprendidos en el seno de operaciones de cálculo. Véase Prigogine y Stengers (1979).

1974; Papon, 1979 y 1983; Paul, 1986). Si bien el director de un laboratorio suele elegirse directamente entre los *directeurs de recherche 1* o los *professeurs de première classe*, pueden existir casos en los que el elegido sea *directeur de recherche 2* o *professeur de deuxième classe*. Este sistema de clasificación taxonómica y organizacional sirve para brindar una indicación útil acerca de los límites en el interior del laboratorio. Sin embargo, existe una tendencia a esconder un hecho esencial: por las características mismas de la tarea de investigación, algunos investigadores se comportan, o son percibidos por los demás, como si pertenecieran a una categoría o a un grupo de investigadores distinto al que realmente les corresponde de acuerdo con su estatus administrativo. De ese modo, los investigadores formados pueden ser tratados como investigadores en formación o viceversa.

#### CUADRO 1

##### Un investigador en formación con estatus de investigador formado

Su corta edad, 27 años, no impide a Xavier, un joven investigador, el ser tratado como un investigador formado. Reservado y de pocas palabras, originario de un pueblo de provincia donde su padre era obrero, ha sido un alumno tan brillante en las ciencias como en las letras. Finalmente ha preparado y obtenido el bachillerato científico. Luego de dos años de preparatoria, ingresó en una gran escuela parisina, ha obtenido su diploma, preparado su *deà*, luego escribió su tesis de tercer ciclo en física de los fluidos antes de ser descubierto y empleado por el cnrs como *chargé de recherche 2*.

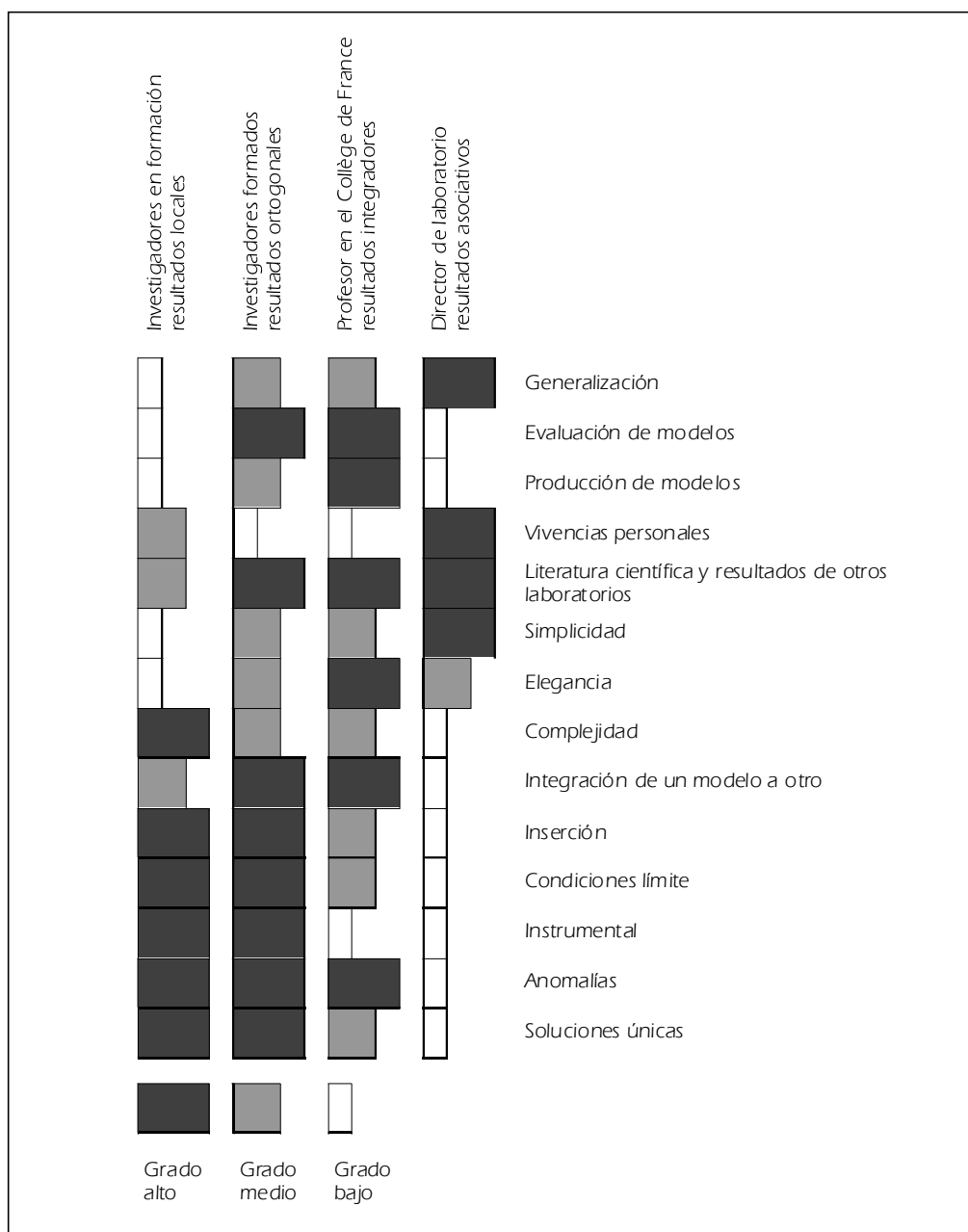
Dedicado a la preparación de su tesis, Xavier dedica una parte de su tiempo en un curso en París VI a la supervisión de la formación en investigación de estudiantes menos avanzados. Esta importante contribución a la formación de futuros investigadores es una necesidad que él mismo se impone en calidad de miembro de la comunidad científica. Para Xavier, la enseñanza reviste una gran importancia pues estimula a los científicos a avanzar sobre sus especialidades y a conciliar detalle y síntesis. Logro excepcional, mientras se dedica a la investigación sobre la estructura de la circulación turbulenta a partir de técnicas y modelos particulares, Xavier se consagra a explorar otros modelos analíticos y otras técnicas experimentales susceptibles de ayudarlo a mejorar los métodos que él ha elegido y a medir sus límites. Xavier demuestra también una gran capacidad intelectual abordando sucesivamente varias especialidades diferentes. En cuanto a sus contactos profesionales, los cultiva y se nutre de ellos, en todos los niveles jerárquicos. Además, ha estrechado lazos con otros laboratorios, tanto en Francia como en el extranjero y participado en numerosos congresos internacionales. Tiene en su haber un viaje a los Estados Unidos donde visitó seis laboratorios y participó en varias conferencias en Europa Central y en Europa del Norte. Finalmente, Xavier se interesa en las publicaciones cien-

---

tíficas que lee meticulosamente y a las cuales aporta su contribución. También ha colaborado en la redacción de artículos sobre la sociología de las ciencias. Sus inclinaciones literarias parecerían pues, estar asociadas muy estrechamente a su vocación científica. Como conclusión se puede deducir que este joven investigador es entonces, hacedor y artífice de múltiples intereses.

---

Junto a los criterios administrativos, existen dos elementos de tipo funcional que son decisivos en lo que se refiere a la posición de los investigadores en la jerarquía social del laboratorio. En el terreno de la física macroscópica experimental de la materia condensada, el hecho de ser parte del proceso de transmisión de los conocimientos ya establecidos y de las técnicas y secretos de la experimentación es considerado por todos como algo sumamente importante. Cada investigador tiene la obligación de enseñar en forma regular, aunque sea durante un período corto de tiempo, y aún cuando esta enseñanza estuviera limitada a la supervisión del trabajo de un estudiante durante una pasantía de algunas semanas en el seno del laboratorio. Algunos investigadores se involucran seriamente con esta función y le dedican gran parte de su tiempo y de sus reflexiones. Pareciera como si esta práctica pedagógica ayudara a desarrollar en ellos la capacidad de generar representaciones globales, sintéticas y detalladas de los fenómenos físicos; logran así transmitir “interpretaciones personales” de hechos físicos concretos que surgen de la práctica experimental de cada uno. El límite jerárquico está asimismo determinado por la función de consultor científico. En el LHMP el investigador que limita su trabajo a un único campo de estudio, con un solo instrumento o un único modelo, debe conformarse con un nivel de consultor medio o bastante bajo. Para ser considerado como consultor de relevancia, el investigador debe mostrar sus habilidades en distintos campos de estudio, ser capaz de establecer relaciones entre distintos modelos o marcos analíticos y poder señalar tantos los errores de argumentación como aquellos derivados de las mediciones. La reputación como consultor depende en mayor medida de la cantidad de intercambios puramente cognitivos que de las relaciones con objetivos profesionales o administrativos. En ocasiones, cuando se busca establecer el rol de un investigador en el seno del laboratorio y en la comunidad científica, las funciones pedagógico-consultivas no guardan relación con los criterios administrativos establecidos. En el caso del LHMP, es posible señalar el caso de un investigador en formación que, gracias a sus habilidades como consultor y como docente, tiende a ser equiparado con los investigadores formados y también el caso inverso de un investigador formado, que por las características de su práctica científica fue rebajado a la categoría de investigador en formación.

**TABLA 1. TIPOLOGÍA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN**

Se agrega, por último, un tercer elemento a las funciones de consultor y pedagogo: la edad. Existe una tendencia a vincular a los investigadores de más edad con el rango de investigador formado, a pesar de que esto no se corresponda con su estatus oficial. En efecto, éstos cuentan con un buen conocimiento de los problemas de la investigación y pueden ayudar a sus

colegas en la generación de vínculos con otros físicos. Sin embargo, el criterio de la edad no es determinante: no transforma automáticamente a un investigador de edad avanzada en investigador formado y tampoco se erige como una barrera para los jóvenes.

Entre 1980 y 1983, el LHMP cuenta con nueve investigadores en formación, cinco investigadores formados, un director de laboratorio y un profesor en el Collège de France que se asocia de manera esporádica en los trabajos del equipo. Cada grupo de investigación obtiene un tipo particular de resultados de investigación. La proporción en que se presentan algunos elementos (generalización, evaluación de modelos, producción de modelos, vivencias personales, literatura científica, simplicidad, elegancia, complejidad, integración de un modelo con otro, inserción de datos en los modelos, condiciones límite, instrumentos, anomalías, soluciones únicas) modifica la composición de los resultados según sean producidos por una u otra clase de investigadores.

### **LOS INVESTIGADORES EN FORMACIÓN: ATENCIÓN A LAS ANOMALÍAS**

Los resultados producidos por los investigadores en formación pueden considerarse como resultados locales; muestran las múltiples facetas de un fenómeno y ponen en evidencia las relaciones que los vinculan. La sensibilidad a la complejidad es precisamente una de las particularidades de las prácticas experimentales de los investigadores en formación; disminuyendo el riesgo de hacer extensivas las conclusiones obtenidas a campos de estudio aun inexplorados y evitando la generalización, a la que, por el contrario, otras clases de investigadores otorgan una gran importancia.

Los investigadores en formación rechazan en sus investigaciones toda forma de simplificación, al considerarla como una forma de violación de la sutileza del análisis. Los resultados de sus investigaciones hacen referencia, en muchos casos, a las anomalías que se presentan en los fenómenos (Boyd, 1983; Laudan, 1977); en la exploración de estas anomalías, deben tratar de determinar si éstas se presentan debido a parásitos instrumentales o si son producidas por el mismo fenómeno (Edge y Mulkay, 1976; Knorr, 1979; Knorr-Cetina, 1981). Deben decidir si se trata de epifenómenos, de eventos accesorios o, por el contrario, de eventos fundamentales del comportamiento del fenómeno. Se llega así a otro rasgo distintivo de los resultados que estos investigadores producen: la importancia que le otorgan a la instrumentación. Así, más de la mitad de los resultados de un investigador en formación están en relación directa con los instrumentos científicos. Además, los investigadores en formación orientan los resultados de sus investigaciones

hacia condiciones límite, que requieren la presencia y las funciones de propiedades físicas y el alcance de sus argumentos. Estos investigadores tratan de definir, de modo cuidadoso, los criterios que permiten distinguir una descripción laxa de una descripción contrastable.

Su inclinación por las condiciones límite y por la complejidad conduce, por lo general, a los investigadores en formación a discutir sobre las peculiaridades ínfimas de sus objetos de estudio. Si bien no concentran sus esfuerzos en la producción y en la evaluación de modelos, se preocupan, sin embargo, por insertar los datos que surgen de la observación y los descubrimientos en un modelo determinado. Se interesan más por los usos clasificatorios que generan estos modelos más que en los modelos en si mismos. En definitiva, sus resultados tienen como telón de fondo la preocupación por encontrar soluciones únicas. En ciencias, es de suma importancia encontrar una solución “única” ya que la investigación, de por sí, puede encontrar una multiplicidad de soluciones, aparentemente únicas. Sin embargo, los investigadores en formación relativizan sus soluciones analíticas y deben aceptar que la solución que ellos proponen es una, entre tantas otras existentes. En efecto, el poco interés que manifiestan por evaluar los modelos susceptibles de tratar un fenómeno estudiado, les impide resolver el problema de la solución única. Se conforman, así, con aportar su contribución a la masa de soluciones potenciales.

En el LHMP la mayor parte de investigaciones acerca de la estructura de los flujos turbulentos son llevadas a cabo por los investigadores en formación y como consecuencia, los resultados son locales. Estos investigadores puntualizan que sus observaciones se aplican únicamente a los flujos de Poiseuille en una gama específica de números de Reynolds. Este hecho nos brinda un ejemplo del carácter restrictivo de los resultados de los investigadores en formación que, por otro lado, no consideran adecuado describir el flujo como homogéneo e isótropo (descripción que les había sido propuesta al comienzo del experimento). Estos investigadores no están de acuerdo en que estos rasgos son característicos del fluido que ellos examinan. La mayor parte de los resultados de los investigadores en formación acerca de la turbulencia tratan por igual el aspecto y el funcionamiento de los instrumentos utilizados a lo largo de la experiencia. Los investigadores en formación brindan información suficiente para que los lectores sean capaces de reconstruir el mismo instrumento que ellos utilizan. Las comunicaciones sobre los descubrimientos fenomenológicos y sobre la instrumentación conllevan una discusión interminable sobre la precisión de las mediciones. Los investigadores en formación describen las estructuras de los flujos turbulentos en el marco

de la de geometría euclidiana, recurriendo a un lenguaje que todos los físicos que se desempeñan en este campo de estudio pueden comprender. Cuando se incluyen nuevos términos, los investigadores los definen cuidadosamente.

Sin embargo, los resultados de las investigaciones de dos de los nueve investigadores en formación se alejan un poco de los resultados locales que acabamos de describir. Uno de ellos, al mismo tiempo que realiza investigaciones para arribar a resultados locales, muestra disposición para la evaluación de modelos. Cuando nos reunimos con él, se encontraba estudiando un grupo de modelos para elegir entre ellos, uno para su trabajo. El otro investigador en formación tiene interés en diversos campos de estudio científicos. Con todo, la actitud original de estos dos jóvenes no les ha permitido, en ninguno de los dos casos, cambiar de categoría de resultados.

Los resultados locales son puntos de vista interesantes y fructíferos. Cuando son bien detallados, son indicadores de una atención sostenida sobre la precisión en la medición y en la argumentación. Tratan de mostrarse críticos en cuanto a su propia verosimilitud. Es así que incluso se desprecian a sí mismos. Los resultados locales están del mismo modo expuestos a la crítica externa. Algunos científicos, en efecto, los tildan de “descriptivismo” (Heilbron, 1982). Se quejan de que la fascinación por el detalle ínfimo y la búsqueda de la precisión a toda costa se tornan, por lo general, ineficaces y temen que sea más bien un gen para el desarrollo del conocimiento. Asocian los resultados locales a una enumeración interminable de hechos novedosos. Para ellos, la descripción se torna esclava de la enumeración, siendo la exactitud un ideal.

Para estos científicos, los resultados de las investigaciones locales son lineales, poco imaginativos y conservadores: estos investigadores no se permiten avanzar de modo satisfactorio en la comprensión de los fenómenos.

### **LOS INVESTIGADORES FORMADOS: EL INTERÉS POR LOS MODELOS**

Los resultados de los investigadores formados suelen enfatizar la selección de los modelos y la inserción de los datos en el modelo elegido. En los artículos que publican, casi la mitad del texto puede estar dedicada a estos dos componentes. Los investigadores formados estudian una serie de modelos potencialmente eficaces, elegidos en un campo de estudio de su interés o en campos de estudio cercanos. Los estudian tanto por su pertinencia matemática como por la riqueza de sus parámetros físicos y por el tipo de hechos que incorporan (Shapere, 1985). Una vez que el modelo está diseñado, los investigadores formados lo utilizan de forma metódica para interpretar sus pro-

pios datos experimentales. Estos datos surgen tanto de mediciones obtenidas a partir de sus propias investigaciones como de informaciones recolectadas en lecturas realizadas o al cabo de discusiones con sus propios colegas. Sus resultados abundan en referencias a artículos, libros y discusiones.

Este interés por los modelos y por la multiplicidad de informaciones que surgen de la lectura y del estudio contrasta con las inquietudes de los investigadores en formación que, como se ha visto anteriormente, le otorgan una importancia secundaria. Sin embargo, y al igual que los resultados de los investigadores en formación, aquellos producidos por los investigadores formados ponen el acento en las características de sus instrumentos y presentan, en modo minucioso y racional, las fortalezas y debilidades de sus sistemas instrumentales.

En el curso de sus observaciones y mediciones, los investigadores formados se apoyan en las definiciones operacionales de los fenómenos. De este modo, determinan las condiciones límite de las propiedades físicas de los objetos y definen los límites de sus argumentaciones, despertando así su interés por la anomalía. A pesar de este interés, los investigadores formados no muestran menor tendencia a dejar de lado las anomalías, a menos que resulten manifiestamente un elemento de gran relevancia. Esta combinación de la preocupación por los modelos y de la presentación detallada de los datos explica el interés de los investigadores formados por las soluciones únicas. Los investigadores formados, mucho más que los demás investigadores, tienen conciencia de la multiplicidad de los análisis a los cuales es posible recurrir para describir un problema. Esta preocupación los conduce a limitar la cantidad de soluciones posibles para un determinado problema y, en muchos casos, a proponer una solución única.

## CUADRO 2

### Un físico completo

Relativamente joven, 34 años, Paul obtuvo el grado de *Directeur de recherche* 2 en el CNRS. Sabe concentrar su inteligencia y su poder de análisis de manera inmejorable. Es también muy sociable. Sus trabajos tratan de la teoría, la física matemática y la demostración. Es apreciado por los otros físicos de cada una de las tres especialidades y de él se dice que es un “físico completo”, lo que es muy inusual en Francia.

Este investigador formado realizó sus estudios secundarios en Lyon, para luego iniciar en París los cursos preparatorios para las Grandes Écoles (Lycée Chaptal). Sus estudios superiores los realizó en la École Normale Supérieure de Saint-Cloud. Los temas de investigación sobre los que trabaja son numerosos y diversos. Su tesis del Tercer Ciclo en física experimental trata de la diná-

mica térmica de la transformación del grafito. Su tesis trata el gran tema de las propiedades magnéticas y dinámicas de los cristales líquidos. Asimismo, hace una investigación experimental sobre las estructuras laminares de los esmécticos. Durante sus últimas investigaciones, Paul se encuentra con problemas cuya solución depende del hallazgo de nuevos instrumentos teóricos y matemáticos. En lugar de pedir la ayuda de los teóricos, él decide dedicarse ampliamente a la teoría. Luego de diez años de labor puramente experimental, abandona la división del trabajo que separa experimentación de conceptualización. Adquiere de ahora en más una cierta autonomía, pues puede analizar mejor sus operaciones para explotar al máximo sus propias teorías. Recientemente, Paul trabajó en investigaciones teóricas y física matemática sobre la dinámica del cambio de las fases y también sobre la hidrodinámica.

Este investigador formado es también ejemplo de gran movilidad geográfica e institucional. Cuando egresó de Saint-Cloud, se instaló en Burdeos donde trabajó en un laboratorio de la Universidad Científica. Luego pasó dos años en Harvard y volvió a Burdeos. Entre 1980 y 1981, Paul trabajó en el LHMP, volvió nuevamente a Burdeos, pero continúa haciendo investigación con el equipo de la Universidad d'Orsay y pasa un tiempo considerable en el LHMP, así como en los otros laboratorios de la Grande École que alberga al LHMP. Recientemente Paul recibió propuestas y apoyo para montar su propio laboratorio.

En resumen, los resultados de los investigadores formados –que de ahora en más llamaremos “resultados ortogonales”– logran una suerte de equilibrio entre complejidad y singularidad. Mientras la complejidad surge de la precisión, la singularidad lo hace desde la eliminación de los modelos superfluos. Los resultados ortogonales se caracterizan, a la vez, por la elegancia y la claridad de la argumentación así como por la coherencia de los argumentos.

En el transcurso de su trabajo sobre gelificación, una investigadora formada estudia una gran cantidad de modelos y busca, entre ellos, uno que sea apto para describir y explicar este fenómeno. Esta parte de sus resultados ha sido publicada bajo forma de análisis de los modelos ya existentes. Finalmente, la investigadora opta por dos modelos, el de la percolación y un modelo cinético. El modelo del percolación es un modelo geométrico que representa los materiales a los cuales se aplica bajo la forma de una red de espacios o de nexos eventualmente interconectados. La gelificación química, o transformación mediante un proceso químico de un sólido en un gel, formado por un solvente y por pequeñas partículas que pueden unirse entre ellas, está representada por un aumento de la cantidad de nexos entre los lugares que ocupan las partículas en la red. Este modelo es puramente estático.

Por el contrario, en los modelos cinéticos, el desplazamiento de los sólidos en el reactivo constituye un elemento esencial dentro del proceso de crecimiento. Este modelo, que será el elegido en última instancia por nuestra investigadora, reúne parámetros de tiempo y parámetros de desplazamiento, que están ausentes en el modelo de la percolación.

En la siguiente etapa de su trabajo, la misma investigadora introduce una experiencia macroscópica que ha ensayado para testear las posibilidades de aplicación del modelo cinético a la gelificación. Este experimento conlleva la simulación de algunos parámetros que son considerados críticos. La investigadora describe con precisión los instrumentos que ella misma ha construido o combinado, por ejemplo un sistema de excitación cinética, una máquina de fotos, minúsculas bolas en materia plástica. Describe en el mínimo detalle el funcionamiento y las fallas de su sistema instrumental, así como también los datos espaciales y temporales que el mismo brinda. Sus artículos ponen en evidencia, en la experiencia macroscópica, la aparición de un elemento análogo del gel en un determinado momento del experimento y se focalizan en la descripción geométrica de los objetos que se forman de ese mismo modo. En particular, establecen que los conjuntos de bolas poseen la importante propiedad de la autosimilitud, es decir, que se construyen siguiendo la misma configuración geométrica, independientemente de su tamaño. Las mediciones conducen a la investigadora a rechazar por completo la aplicación del modelo de la percolación a la gelificación. De acuerdo con su teoría, el modelo cinético que ha elegido es aquel que mejor representa el fenómeno de la gelificación; según cree, es el modelo de la solución única.

Al mismo tiempo que esta investigadora, un investigador en formación trabaja en el proyecto de gelificación. Sus resultados, sin embargo, difieren sensiblemente de los de su colega. Si bien ambos otorgan una gran importancia a la instrumentación y a la inserción de datos en un modelo, el investigador en formación no está prácticamente interesado en la evaluación del modelo. Introduce sus mediciones indistintamente en el modelo de percolación y en el modelo cinético. Por otro lado, y a pesar de que el análisis de las anomalías está en el centro de las preocupaciones de ambos, el investigador en formación le otorga una importancia peculiar. En sus resultados locales, las anomalías se presentan como condiciones límite y juegan el rol de generador de nuevos proyectos de investigación. Este investigador en formación rechaza la simplicidad para concentrarse en la complejidad de los fenómenos y en sus resultados. Realiza una gran cantidad de experimentos haciendo variar algunas condiciones, tales como la temperatura, la duración de los experimentos, las propiedades reológicas, etc., sin que ningún dato tenga prioridad con respecto a otro.

## EL DIRECTOR: LA PRIORIDAD POR LA GENERALIZACIÓN

En cuanto a los resultados de investigación del director del laboratorio, éstos se encuentran principalmente vinculados con la generalización (Lakatos, 1970; Mitroff, 1974; Mulkay y Gilbert, 1980). Los llamaremos “resultados asociativos”. Los trabajos del director abarcan categorías de fenómenos amplias y variadas. En efecto, en sus resultados ubica una cantidad máxima de comportamientos físicos al interior de un sistema descriptivo normativo y predictivo.

Los resultados asociativos se caracterizan, asimismo, por su tendencia a la simplicidad. El estudio de un fenómeno se limita a una cantidad restringida de parámetros y de vínculos que los unen, y los resultados subrayan esencialmente los rasgos primordiales. Sin embargo, en ocasiones, el director se preocupa por los detalles. En esos casos, de todas maneras, los ubica en un marco demasiado estructurado, disminuyendo su utilidad. Se establece entonces una dinámica circular donde la simplicidad en la percepción y en el análisis nutre –y se nutre de– la simplicidad de la argumentación y de la presentación.

Es útil comparar el lugar otorgado por el director del LHMP a la simplicidad con el lugar de relevancia que le otorga sir Nevill Mott, investigador de renombre en física de los sólidos y director del departamento de Física de la Universidad de Bristol durante los años 1940 y 1950, al mismo concepto. Mott escribe, por ejemplo, que un hecho amerita una explicación únicamente cuando puede ser explicado de una manera muy simple. Si un hecho requiere para su explicación un largo cálculo, es mejor dejar la explicación de lado. Mott aconseja tomar primero los modelos simples de los fenómenos y, luego, examinar sus consecuencias. Es necesario estudiar en qué medida los observables pueden ser ubicados al interior del modelo. Según este investigador, es necesario presentar los resultados bajo la forma más simple posible y presentar, más tarde, una descripción crítica de los mismos (Mott, 1941; Keith y Hoch, 1986).

Esta tendencia a la LHMP proviene, en parte, del poder de vivencia personal del director en la descripción de los fenómenos. En algunas ocasiones, incorpora, a los resultados de investigación de su laboratorio, las observaciones que él mismo ha hecho de objetos y de eventos, incluso las hechas fuera de las condiciones de observación técnicamente controladas. Esto implica un vínculo estrecho entre las imágenes visuales generadas fuera del laboratorio y las propiedades geométricas estudiadas al interior de éste (Brannigan, 1981). Por ejemplo, las observaciones cotidianas del color, la forma, la posi-

ción, etc., en escenas de la vida diaria pueden brindar al director un abanico de imágenes visuales susceptibles de dar cuerpo a su investigación. La experiencia personal sirve, de ese modo, para construir la representación simple de un fenómeno, que se inserta más tarde en un sistema general de clasificación. Los resultados obtenidos por el director evidencian su amplia lectura de artículos científicos y denotan su actualización en relación con los trabajos que están siendo realizados en los otros laboratorios. En efecto, los resultados de su investigación hacen referencia a la literatura científica dominante en su campo de trabajo, tomando como punto de apoyo las ideas principales y los ejemplos específicos. Asimismo, es normal que sus trabajos citen informaciones obtenidas a lo largo de conversaciones mantenidas durante las visitas a los otros laboratorios. Todos estos aportes del exterior implican una relación indirecta con el fenómeno.

Esta relación semi distante del fenómeno estudiado lo conduce a preocuparse menos por las vicisitudes de la práctica experimental y las complejidades de los fenómenos que por la simplicidad y la generalización. En sus resultados de investigación menciona, al pasar, la instrumentación y las anomalías. De ese modo, las condiciones límite y la búsqueda de soluciones únicas se encuentran ocultas. Esta posición contrasta con aquella de los investigadores en formación y de los investigadores formados que, por el contrario, colocan a la complejidad, las condiciones límite y las anomalías en el centro de sus investigaciones. Inclusive la inserción, que tan relevante resulta para los investigadores en formación y los investigadores formados, ocupa un lugar secundario en el trabajo del director. Durante nuestra observación, el director estudiaba el modelo de percolación y aquellos fenómenos que podían eventualmente explicarse por ese modelo.

La existencia de relaciones de percolación en determinados fenómenos, fue descubierta a inicios del siglo XX y a pesar de haber sido confirmada, al tiempo cayó en desuso (Ziman, 1979). Hacia fines de la década de 1970, un físico del Collège de France sacó este concepto del olvido y mostró que el modelo de percolación podía ser útil tanto como sistema de representación como parámetro físico de comprensión de determinadas clases de fenómenos.

Luego, por medio del modelo de la percolación, los investigadores del LHMP emprendieron experimentos acerca de la conductividad eléctrica, la estructura de las materias compuestas, la gelificación y otros. Los resultados publicados por los investigadores en formación dan lugar a descripciones detalladas, mientras que aquellos publicados por el director del laboratorio suelen hacer referencia a las anomalías del trabajo experimental e insisten, por el contrario, en los datos experimentales que se corresponden con las necesidades de la interpretación de los fenómenos, de acuerdo con el mode-

lo de la percolación. En esta misma óptica, el director prefiere extender el campo de sus enunciados, más que detenerse en la descripción de los detalles. Por ejemplo, se vuelca rápidamente hacia la simulación numérica de la percolación a expensas de experimentos físicos que estén aún en curso. La vivencia personal del director tiene, asimismo, gran peso en la formulación de sus resultados sobre la percolación: durante un fin de semana transcurrido en el Jura, nota algunas piedras en una caverna, cuya estructura en forma de estalactita le servirá inmediatamente como evidencia y ejemplo para caracterizar la ubicuidad de los sistemas de percolación. Esta observación lo lleva a pronunciarse a favor del uso del modelo de la percolación en el terreno de la geología.

Los resultados del director del laboratorio podrían tomarse como problemáticos, en cuanto son aún considerados como “imperialistas” (Latour y Woolgar, 1979). A veces, incluso, el director es acusado de evadir la rigurosidad metodológica y la prudencia analítica. Sin embargo, sus resultados asociativos ocupan un lugar legítimo en el pensamiento científico, subrayan la idea de que los investigadores en física deben ser permeables a los elementos federativos o unitarios subyacentes a los fenómenos distintos o, incluso, divergentes. Actualmente, las tendencias federativas o unitarias no son dominantes en el campo de la física experimental de la materia condensada; a pesar de ello, los resultados asociativos son potencialmente susceptibles de incrementar esta tendencia. Por otro lado, ofrecen también una heurística que permite, en ocasiones, estructurar y canalizar los esfuerzos de la investigación. Finalmente, las estrategias destinadas a fomentar estas tendencias cumplen un rol catalizador; los talentos y los esfuerzos de numerosos científicos se ven así asociados a una tarea definida en forma perpetuamente flexible y renegociable.

#### **EL PROFESOR EN EL COLLÈGE DE FRANCE: LA PRODUCCIÓN DE MODELOS**

Finalmente, hemos tenido ocasión de observar los resultados del profesor en el Collège de France, donde además de cumplir con sus funciones de director de la Grande École donde se encuentra su laboratorio, está asociado a los proyectos de investigación del LHMP.

Egresado de la École Normale Supérieure, fue profesor de la Universidad de Orsay, donde ganó una amplia reputación por su trabajo sobre los cristales líquidos y la superconductividad. Su puesto en el Collège de France lo puso en contacto con importantes grupos de investigaciones locales y extranjeros. En forma esporádica, participa en los trabajos del LHMP, a pesar

de que su intervención resulta influyente. Es posible calificar sus resultados de investigación como “resultados integradores” debido a que esencialmente buscan reconciliar y construir modelos.<sup>6</sup> El investigador enumera diversas interpretaciones importantes de un fenómeno o de un campo de estudio y, luego, utiliza los elementos contenidos en estos modelos tanto para crear uno nuevo como para reformular un modelo preexistente. Su objetivo es eliminar o, por lo menos, reducir las incompatibilidades en los análisis y en las interpretaciones. La importancia que le asigna a la inserción de los datos experimentales en los modelos refuerza su convicción de que es indispensable producir modelos. Para él, los materiales experimentales son útiles esencialmente tanto para confirmar como para invalidar los enunciados contenidos en los modelos. Antes de incorporarlos a los resultados, se preocupa por filtrar cuidadosamente los datos que ha retenido por su precisión y teniendo en cuenta las condiciones límite y la ausencia de anomalías. Más allá de presentar la descripción detallada de un fenómeno, el profesor selecciona rigurosamente las informaciones entre un abanico de posibilidades. Sus métodos permiten una exploración sistemática del funcionamiento de los modelos nuevos o de aquellos que han sido modificados.

Los datos experimentales utilizados por el profesor provienen, en su mayoría, de descubrimientos publicados en revistas de actualidad científica o de conversaciones mantenidas con miembros de otros laboratorios, más que de experiencias conducidas personalmente. Utiliza, más aún que el director, informaciones científicas publicadas. Tiene un enfoque crítico y, a partir de estas informaciones, formula las síntesis de los datos y de los modelos. Por otro lado, sus resultados integradores encuentran un equilibrio entre la complejidad y la simplicidad; en ellos coexisten, en efecto, el respeto por los detalles y el deseo de aislar aquellos parámetros que son considerados de suma importancia.<sup>7</sup> Esta configuración logra combinar ecuaciones complejas con un imaginario concreto de los parámetros físicos de los fenómenos. Al igual que el director del laboratorio, el físico del Collège de France pone el acento en la generalización. Sin embargo, es adepto a una forma de generalización restringida que pone mayor atención a la no-linealidad de los fenómenos y a los descubrimientos experimentales que puedan surgir; sus resultados integradores se estructuran de manera accesible para un público sumamente heterogéneo.

En lo que respecta al campo de la percolación, el profesor del Collège de France tiene como función organizar sus resultados entorno a un conoci-

<sup>6</sup> Para un resumen de los estudios que tratan sobre la producción de modelos científicos, véase Leatherdale (1974).

<sup>7</sup> Para un análisis del “razonamiento manual”, véase Shinn (1983).

miento exhaustivo de los trabajos publicados y de aquellos que están en proceso de publicación. Los trabajos publicados constituyen el marco de sus investigaciones, en las cuales incluye las mediciones que han obtenido los colegas de su propio laboratorio o de los otros laboratorios similares. De alguna manera, lleva a cabo la experimentación de “segunda mano”, pero demuestra un gran interés por las condiciones límite, las anomalías, la forma y la *performance* de los instrumentos. En sus resultados sobre la percolación, determina los valores límite críticos, sugiere una interpretación física del modelo, y desarrolla correspondencias entre su modelo y las clases de fenómenos. Clarifica también la representación de la percolación a la luz de un modelo que sirve, habitualmente, para el estudio de los polímeros. Las representaciones ortodoxas de los polímeros se encuentran, de ese modo, extendidas a los geles y luego, de los geles a la percolación.

Así, los resultados obtenidos por los investigadores del LHMP sugieren que existe una correspondencia entre la posición del investigador en la jerarquía del laboratorio y el tipo de resultado producido. Más allá de las dos excepciones menores que ya han sido descritas, los nueve investigadores en formación producen resultados locales, los cinco investigadores formados obtienen resultados ortogonales, el director del laboratorio genera resultados asociativos, y el profesor en el Collège de France resultados integradores.

El acceso de los investigadores al cargo de director o al estatus de investigador formado depende de distintos elementos, entre ellos, la trayectoria universitaria juega un papel importante. Los egresados de la École Normale Supérieure de la calle Ulm y de la École Polytechnique, y –en menor medida– de la École Supérieure de Physique et Chimie de París o de la École Supérieure d'Électricité entre los directores del laboratorio y los investigadores formados. Por el contrario, pocos entre ellos poseen títulos de universidades científicas (cabe destacar que en los últimos años los diplomas de las universidades de París VI y París VIII y las de Grenoble y Toulouse comienzan a ser consideradas rivales, por lo menos en algunos campos de estudio, de algunas de las Grandes Écoles). Pero, aún si los diplomas emitidos por las Grandes Écoles tienen ventajas considerables, los lazos entre los establecimientos de formación y la posición en la jerarquía del laboratorio son débiles. Si bien en el LHMP el director es *normalien* (de la calle Ulm), otros *normaliens* continúan siendo investigadores en formación. La relación entre la formación y la posición en el laboratorio se torna netamente evidente en la separación entre las Grandes Écoles y las universidades y en el pasaje de la categoría de investigador formado a director; esto es menos visible cuando se trata de la movilidad entre las categorías de investigador en formación e

investigador formado, y de las diferencias entre los establecimientos del sistema de las Grandes Écoles.

Un segundo elemento influye de manera importante sobre la posición del investigador en el laboratorio: es el espíritu inquieto. Cuando se obtiene un diploma de una Grande École, la asociación entre estos dos elementos asegura la posibilidad de elección. El espíritu inquieto está ligado, entre otras cosas, a la frecuencia de los cambios de temas de investigación. Asimismo, se relaciona con los mecanismos internos de los cambios: los investigadores que poseen un espíritu muy inquieto están continuamente a la espera de nuevos equilibrios entre mediciones y modelos y a la búsqueda incesante de novedosos puentes que sean capaces de mejorar las relaciones entre estos dos elementos. Esta inquietud del espíritu reposa también en el deseo y en la capacidad de adoptar nuevas representaciones de los fenómenos, de armarse de técnicas y de metodologías nuevas, y de utilizar nuevos instrumentos de medición. Es posible que esta característica se deba, en parte, a las cualidades intrínsecas de cada uno así como también a las cualidades pedagógicas. En efecto, parecería que existe una relación entre la inquietud de espíritu del investigador y el estilo intelectual del director de su tesis de grado, o, incluso, de su tesis de posgrado.

Se puede explicar la presencia de una jerarquía social de los resultados de investigación y su estructura mediante el modo en que trabajan los investigadores. Sin embargo, nos parece más interesante tratar de entender cuáles son los elementos precisos de la investigación científica que suscitan algún tipo de resultado. Dos elementos serán explorados aquí: las dimensiones y los objetos de las redes sociales construidas por cada grupo de investigadores, y los caminos utilizados por los distintos grupos en la exploración de los fenómenos.

## REDES SOCIALES

Las redes sociales del director del IHMP se encuentran ampliamente extendidas (Allen, 1977; Knorr-Cetina, 1982). Sus ritmos de crecimiento se encuentran directamente vinculados con las necesidades intelectuales y materiales del laboratorio y con la importancia que le otorgue el director al hecho de ser un personaje reconocido en su campo de estudio. Estas redes sociales son la puerta de entrada de mucha información científica necesaria para distintos experimentos que se realizan en el laboratorio. Por lo menos la mitad del tiempo del director está dedicada al establecimiento de vínculos de comunicación con otros científicos, tanto en el interior como el exterior del labora-

torio que dirige. En algunas ocasiones, incluso, esta actividad puede ocupar el 80% de su tiempo. Entre 1980 y 1983, por ejemplo, el director realizó una campaña para que su laboratorio obtenga el estatus de laboratorio asociado al CNRS. Luego de un centenar de horas de conversaciones con los administradores y miembros de diversas comisiones nacionales del CNRS, así como con otros físicos que ocupan lugares clave en este organismo, sus esfuerzos fueron recompensados.

La existencia de estas redes se debe también al hecho de que el director forma parte de una comisión nacional del CNRS. Cuando el CNRS modificó su estructura con relación a la representación de las distintas disciplinas científicas en las comisiones nacionales, el director, con el objeto de proteger su laboratorio, trató de investigar cuáles proyectos y cuáles subdisciplinas iban a dar la posibilidad a sus investigadores de formar parte de dichas comisiones. Para ello, el director tuvo que determinar *a priori* las ventajas de cada una de las comisiones y convencer individualmente a sus investigadores de formar parte de aquella que consideraba más estratégica.

Además de estas redes sociales que forman parte casi exclusivamente del mundo científico-político, el director establece relaciones con personas o grupos que no están estrechamente vinculados con la investigación en física. Participó, por ejemplo, en la organización y la puesta en funcionamiento del Museo de la Villette. Asimismo, fue consultor de una empresa multinacional, lo que lo obligó a pasar algunos meses en la costa este de los Estados Unidos. Su participación en estas innumerables redes lo ha alejado, por momentos, de las actividades del laboratorio.

Sin embargo, sería erróneo representar las redes científico-políticas como si éstas expresaran exclusivamente objetivos burocráticos o personales. Por el contrario, en muchas ocasiones, permiten intercambios sobre los análisis de fenómenos físicos. Estas discusiones aportan al director un importante volumen de información científica que toma, en general, la forma de reflexiones y de especulaciones. Éstas brindan también datos instrumentales e informaciones sobre los mismos instrumentos que el director se ocupa de transmitir rápidamente a los miembros de su laboratorio.

La dimensión y la función de las redes sociales de un investigador en formación se encuentran muy alejadas de las redes que tiende el director. Mientras que este último mantiene un contacto regular con decenas de científicos, administradores y usuarios de la ciencia, y su red social está formada por 100 o 200 personas, los investigadores en formación se conforman con establecer vínculos con otros investigadores de la misma categoría e incluso

con algunos investigadores formados, formando un grupo de 10 o 20 personas que no incluye administradores (Schrum, 1984; Toulouse y Bok, 1978). Esencialmente, estas redes son utilizadas tanto para adquirir datos experimentales y una representación analítica como para la compra, la construcción o el préstamo de nuevos instrumentos. La compra de ellos requiere de periódicos contactos con los vendedores y los técnicos que deben encargarse de la operación. Sin embargo, suele suceder que los investigadores en formación, más que comprar los instrumentos, convencen a los laboratorios vecinos de dárselos en préstamo. Las redes sociales de los investigadores en formación son bastante limitadas y ocupan, por ello, una pequeña parte de su tiempo. Como se verá más adelante, su atención está ocupada en otros temas.

La flexibilidad y la intermitencia son las características de las redes sociales de los investigadores formados. Comprenden una decena de científicos, algunos industriales, algunos administradores y divulgadores de la ciencia y, sobre todo, otros investigadores formados y en formación, que representan por sí solos el 80% de los intercambios. Los investigadores formados tienen acceso a poderosos miembros de diversas redes, pero recurren a ellos únicamente de forma intermitente, por razones personales o científicas. Esta clase de investigadores parece utilizar estas redes sólo para resolver un problema científico particular. Cuando recurren a los administradores es sólo para obtener la financiación de un proyecto y, raramente, con un objetivo personal. En ocasiones, buscan también contactos en los límites de la comunidad científica. En efecto, cuando juzgan importante o interesante hacer conocer sus resultados a un público mayor, se orientan hacia la divulgación científica o hacia los museos. Sin embargo, pareciera como si los investigadores formados del LHMP dependieran de los pares que están, como ellos, abocados a los experimentos del laboratorio, tanto con el objeto de reforzar sus capacidades analíticas en un proyecto de investigación particular como para comunicar sus resultados a otros especialistas. En definitiva, disponen de redes sociales sobre las cuales pueden apoyarse pero a las que recurren únicamente en forma irregular y solamente cuando lo consideran necesario.

Por paradójico que pueda parecer, las redes sociales del profesor en el Collège de France son más importantes que aquellas del director del laboratorio y, de algún modo, se encuentran a mitad de camino entre éstas y las de los investigadores formados. El profesor en el Collège de France es parte integrante de una red que comprende a otros profesores en el Collège de France y otros físicos, que son miembros de otras academias de ciencias en el exterior (Crawford, 1984). En este contexto, se beneficia de contactos estrechos con grupos científico-políticos. Por otro lado, supervisa las opera-

ciones de una gran cantidad de laboratorios de investigación y tiene influencia en muchos de ellos. Al mismo tiempo, dirige un laboratorio en el Collège de France. Constituye la fuerza vital de una cierta cantidad de equipos de investigación en Francia y colabora con otros proyectos en diversos laboratorios. Además, está ligado a una segunda red. En efecto, mantiene vínculos personales con muchos investigadores formados y en formación, algunos provenientes de los laboratorios que él dirige, otros de laboratorios con los que no tiene un vínculo directo. Esta última red se constituye alrededor de programas de investigación específicos. Algunos de estos grupos funcionan durante el tiempo que dura un proyecto, luego se disuelven y son reemplazados por otros nuevos grupos a medida que los intereses de investigación del profesor cambian. Esta red es extensa, de dimensión mundial.

### **ARQUEOLOGÍA FENOMENOLÓGICA**

La primera red del profesor en el Collège de France podría ser interpretada como una fuerza susceptible de reducir y, eventualmente, de reducir su participación activa en el análisis detallado de los fenómenos. En efecto, se podría suponer que pertenecer a tantas redes –y en particular a las de mayor notoriedad y de mayor prestigio– podría no ser verdaderamente enriquecedor para el avance cotidiano de la investigación que se realiza. Sin embargo, en el caso que nos concierne, el rol y la posición del profesor en el Collège de France en el vértice de una pirámide cognitiva, institucional y social le permite, por el contrario, liberarse de las obligaciones burocráticas y otras que puedan ser de interés para aquellos que buscan crear una red de influencias. Esta posición de privilegio le permite utilizar la red para ayudar al desarrollo cognitivo. Luego de haber tenido acceso a determinada información científica, el profesor puede distribuirla entre los investigadores más interesados o más apropiados. En cuanto a sus tareas no cognitivas, puede liberarse de ellas encargándoselas a un tercero. Así, aún no realizando los experimentos personalmente, el profesor se mantiene al tanto del trabajo experimental que se realiza. Mediante una estrecha comunicación con los investigadores, comenta con ellos los resultados obtenidos y asiste, a veces, a la realización de experiencias. Cuando se encuentran dificultades a lo largo del análisis de un fenómeno, se le informa inmediatamente. Puede así buscar detalles en este análisis y emplear las observaciones imprevistas para ampliar sus conocimientos. Esta situación le brinda nuevas herramientas para la puesta en marcha de otros proyectos.

El director del laboratorio está inserto en un contexto totalmente diferente del que veníamos analizando: sus contactos con el mundo de la expe-

rimentación son más ocasionales y, por lo general, oblicuos. Sin embargo, las veces que participa en los experimentos, tanto su experiencia como sus conocimientos no dejan de ser útiles e, incluso, en ocasiones se tornan decisivos. Le ha ocurrido, por ejemplo, identificar la causa de un error experimental en el trabajo de los investigadores en formación y de los investigadores formados sobre “flameo de placas” y remediarlo, en modo instantáneo, mediante el ajuste de un instrumento. Sin embargo, estos ejemplos no son muy comunes dado que el director está sometido inevitablemente a las consecuencias de las importantes tareas administrativas y las obligaciones que tiene en cuanto miembro de numerosas redes sociales. Las exigencias administrativas inherentes al funcionamiento intelectual y material de un laboratorio obligan al director a participar únicamente de manera indirecta en las investigaciones experimentales. Por lo general, debe conformarse con manejar los datos más generales y más significativos. De ese modo, su percepción y la comprensión de los fenómenos, a veces, se encuentran filtradas por una gama de previsiones y representaciones y no por un saber controlado de primera mano. Esto lo priva de toda aquella información que está ligada a las particularidades fenomenológicas. Su comprensión, más que resultado de una observación detenida de fenómenos concretos, es una proyección de sus ideas. Existe una brecha –que el director es el primero en lamentar– entre los procedimientos de la investigación y la regularidad fenomenológica.

Esta situación, un tanto alienante, es probablemente la consecuencia inevitable de la introducción de un “*management* racional” en el mundo de la investigación científica y del refuerzo del “*star system*” en las ciencias (Zuckerman, 1977).

En cuanto a los investigadores en formación, se dedican completamente al estudio de las propiedades de los fenómenos, de sus parámetros físicos experimentales, del funcionamiento de los instrumentos y del protocolo experimental (Knorr, 1979). Pasan menos del 30% de su tiempo de trabajo en contacto directo o visual con los objetos de sus experimentos, y el 50% procurando, construyendo, adaptando y testeando instrumentos. Los estudios que realizan de un fenómeno los lleva en principio a observarlo y conocerlo desde perspectivas muy diferentes, bajo formas “pre-científicas y pre-analíticas”, y luego, poco a poco, bajo parámetros analíticos (mediciones expresadas numéricamente en término de interpretaciones físicas de estos fenómenos). Incluso sucede que describen el fenómeno que estudian bajo una forma metafórica, incluso antropomórfica. Este fenómeno constituye para ellos una especie de ambiente que ellos mismos tratan de comprender de modo explícito e intuitivo con la misma plenitud que lleva a cada uno de nosotros a tratar de entender nuestro ambiente cotidiano físico y social. Se

trata de un enfoque evidentemente oblicuo e incompleto, pero más vasto y más detallado que el que hubiera surgido sin este trabajo del laboratorio.

La característica de la exploración fenomenológica de los investigadores formados (Boyd, 1985) es la presencia de un contacto estrecho que conlleva al conocimiento íntimo de un fenómeno. Al igual que sus colegas en formación, estos investigadores se dedican a la preparación de sus experimentos y a la observación, análisis y formulación de resultados. Pasan menos tiempo que los investigadores en formación en la investigación propiamente dicha (alrededor del 25%) que en la lectura y en la comunicación. Para ellos la lectura sirve directamente para el trabajo experimental. Si los investigadores formados dedican menos tiempo que los investigadores en formación a la rutina de la experimentación, por otro lado, son buenos conocedores de las propiedades de los fenómenos que estudian, al igual que el profesor en el Collège de France. Asocian sus experimentaciones a aquellas de sus colegas en formación, cuyos trabajos suelen extender sus propias perspectivas. Se mantienen cerca, pero a la vez más distantes de la exploración fenomenológica; pero esta distancia debilita muy poco la percepción y los juicios que emiten.

### **CONVERGENCIAS: CAUSALIDAD PARCIAL**

Los dos parámetros, redes sociales y exploración fenomenológica, se unen para producir, estructurar y mantener la jerarquía social de los resultados de la investigación. Éstos funcionan sobre dos ejes, uno que tiene origen en la autoridad y en el estatus ligado a las redes sociales; el otro se sustenta en diversas formas de conocimiento y generación de conocimiento. Los resultados locales que predominan en el trabajo de los investigadores en formación no obtienen el mismo nivel de reconocimiento que las demás categorías de resultados. Aparentemente, esto se debe a tres factores estrechamente relacionados entre sí: las redes de contactos de los investigadores en formación están demasiado circunscriptas y, por ende, los resultados locales llegan únicamente a un grupo reducido de personas, particularmente de una fracción muy débil de la comunidad científica. Por otro lado, la precisión de los detalles de estos resultados impone ciertos límites. Por último, los investigadores en formación que producen estos resultados no cuentan ni con los recursos sociales ni tienen una necesidad intelectual tan fuerte como para que la difusión sea más extensa de lo que es. En cuanto a los resultados ortogonales de los investigadores formados, éstos se basan en dos condiciones principales que los colocan en un lugar intermedio en la jerarquía social de los resultados de investigación. Los investigadores

formados reciben de los investigadores en formación una gran cantidad de datos que enriquecen sus observaciones y sus análisis experimentales. Este acuerdo los libera y les permite una visión sintética que, a pesar de ello, tiene en cuenta todos los factores de detalle y de precisión. Asimismo, les permite tener acceso a una parte relativamente representativa de la comunidad científica, tanto para difundir sus ideas y sus conclusiones como para adquirir nuevas ideas e informaciones. Los resultados ortogonales se ubican en un escalafón aún más elevado que los resultados locales en la jerarquía social de la investigación dado que, por un lado, los investigadores experimentados forman parte de redes sociales más numerosas y más influyentes, y, por otro lado, su interés por la evaluación de modelos y su interés simultáneo por la complejidad y la simplicidad hacen que los resultados sean simultáneamente precisos pero susceptibles de ser aplicados a una gran cantidad de fenómenos.

Todo esto plantea una cuestión: ¿por qué los resultados del director del laboratorio se encuentran en la cima de la jerarquía social en términos de los resultados de la investigación que se produce? Únicamente el director del LHMP produce resultados pertenecientes a la categoría de “resultados asociativos”. En la física macroscópica de la materia condensada, las restricciones de tiempo le impiden obtener otro tipo de resultados. A pesar de que el lugar que le asignan a la anomalía, a la solución única y a la complejidad es mínimo, los resultados dichos asociativos logran captar la mayor atención y el mayor reconocimiento de la comunidad científica. El lugar de privilegio que ocupa el director en los grupos sociales influyentes le permite difundir sus ideas en los círculos más prestigiosos y más pudientes. Sus conversaciones con las eminencias científicas lo ayudan a mejorar sus resultados hasta en los detalles mínimos. Esta posición le aporta, asimismo, la adhesión casi automática a sus resultados por parte de los investigadores en formación y de los doctorandos. Por lo tanto, ocupa la cima de la pirámide social dado que se ubica como un pivote entre su profesión y la burocracia científica. Pero sus resultados asociativos ocupan también un lugar privilegiado por razones puramente cognitivas. En algunos casos, logran esclarecer los trabajos que se realizan en el laboratorio al punto de acelerar o, incluso, reorientar los proyectos de investigación. Percibidos por muchos como un crisol del cual emergen reflexiones y observaciones que provienen de los distintos campos de la física y que conducen a nuevas posibilidades de investigación, estos resultados abren un espacio intelectual tanto para la contradicción como para la confrontación de ideas.

Si existe una correspondencia clara entre el estatus social de las tres clases científicas y sus resultados de investigación, no sucede lo mismo con el pro-

fesor en el Collège de France: la posición de los resultados que obtiene sobre la totalidad socio-cognitiva deja entrever una cierta paradoja.

En efecto, éstos deberían corresponder a su posición en la cima de la jerarquía, es decir, ocupar un lugar más alejado de los resultados ortogonales y locales que de los resultados asociativos. Ahora bien, sus resultados integradores tienen más puntos en común con aquellos de los investigadores formados que con los del director e, incluso, algunos de sus componentes se acercan a los resultados locales de los investigadores en formación. Pero, aún comportando una anomalía, esta configuración constituye un caso particular que obedece también y, a pesar de todo, a la lógica de la jerarquía social de los resultados de investigación. En efecto, los resultados integradores del profesor en el Collège de France se explican en parte por su independencia de las restricciones administrativas, materiales o intelectuales. Sus colegas del Collège de France, o de otros ámbitos, le brindan datos recientes y seguros, y lo ponen en contacto con investigadores de las dos categorías (investigadores en formación e investigadores formados) con los que él colabora. Finalmente, se erige como poseedor de materiales cognitivos y experimentales que le permiten formular síntesis que serán distribuidas luego por las fuertes redes sociales que integra. El hecho de que los resultados integradores se acerquen a los resultados ortogonales y a los resultados locales no implica de ningún modo que éstos sean menos prestigiosos que los resultados asociativos del director. En efecto, gozan de gran popularidad tanto por la posición de profesor que ocupa en el Collège de France como por su capacidad de vincularse al mismo tiempo a la precisión y al análisis de modelos, lo que genera en última instancia una forma avanzada de síntesis. Aparentemente, los resultados integradores resultan de tal fuerza porque logran diferir de los resultados asociativos y converger en los resultados ortogonales y locales. Si se quiere representarlos, es posible pensarlos simultáneamente como ocupantes de un lugar intermedio entre los resultados asociativos y ortogonales, y constituyendo un volumen que logra asociar en sí mismo los componentes más fuertes de los resultados locales, ortogonales y asociativos.

### **JERARQUÍA COGNITIVA DE LOS RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN**

La jerarquía social de los resultados de las investigaciones implica que los resultados científicos presentados por los académicos que se ubican en la cima de la jerarquía se benefician de una audiencia mayor que los resultados de aquellos que se encuentran en la base de la pirámide. En ese sentido, la marcha continua e inflexible de un sistema de este tipo conllevaría la pro-

ducción de un modelo cognitivo lineal. Los resultados de aquellos que pertenecen a los estratos más bajos de la escala reforzarían únicamente las conclusiones de los escalafones más elevados.<sup>8</sup> Este esquema permitiría que la discusión tuviera lugar únicamente al interior de cada una de las categorías, reduciendo así el espacio para la contradicción y la discusión entre estas categorías. De ningún modo este esquema es el caso del LHMP, donde las proposiciones de todas las categorías se conjugan y, en algunos casos, se oponen. Hemos tenido algunos ejemplos de esto, y cuando éste es el caso, su dinámica y su forma están fuertemente estructuradas. Estos conflictos al interior del laboratorio de investigación conducen a pensar en la existencia de una segunda categoría de investigación que, a partir de ahora, llamaremos “jerarquía cognitiva”.

Los tres años de de observación conducidos en el LHMP nos han brindado dos casos relevantes de desacuerdo y de conflictos entre los resultados de investigación producidos. En el primer caso, los resultados locales de un investigador en formación divergen de aquellos que, inicialmente y antes de que el director los transformara en resultados asociativos, fueron resultados locales también. En el segundo caso, los resultados asociativos del director de investigación son refutados con vehemencia por una serie de resultados locales y ortogonales obtenidos por un grupo formado por investigadores en formación e investigadores formados. No observamos ningún caso de desacuerdo entre los resultados locales y los resultados integradores. Por el contrario, existe un potencial de desacuerdo entre los resultados integradores y los asociativos; pero una estrategia tácita que permite generalmente evitar las controversias lleva a aceptar zonas de incertidumbre y a dejar de lado una cuestión por otra. Los desacuerdos entre los resultados ortogonales y asociativos suelen ser más frecuentes, y habitualmente son también considerados más relevantes que las discusiones que enfrentan resultados locales con resultados asociativos. A la luz de estos casos, hemos analizado los elementos intelectuales y sociales que éstos encierran, y hemos también observado el mecanismo que ha llevado a la interrupción de estas controversias.

#### **DOS EJEMPLOS DE CONTROVERSIAS COGNITIVAS**

Los resultados integradores preliminares sobre el modelo de la percolación, formulados hacia fines de la década de 1970, llevaron al director del LHMP a poner a punto los resultados asociativos relativos a este modelo y a sus posi-

<sup>8</sup> Bourdieu (1975) discute las influencias que tienen las actividades sociales sobre la producción del conocimiento científico y, asimismo, habla de los límites de la explicación social en el campo de la ciencia.

bles campos de aplicación. En 1981-1982, el director afirma cada vez con mayor insistencia que el proceso de gelificación obedece a los principios de la percolación y que, incluso, constituye un importante ejemplo de la percolación misma. Siguiendo sus consignas, un grupo de investigadores en formación formula una serie de resultados sobre las propiedades de la gelificación, específicamente sobre las temperaturas y los tiempos necesarios para la formación de un gel. Como de costumbre, los resultados locales no ponen en discusión de forma crítica la elección del marco analítico de la investigación. A fines de 1982, una investigadora formada denuncia la presencia de ambigüedades y contradicciones fundamentales en las correspondencias establecidas entre el modelo de la percolación y aquel de la gelificación, y declara que sería preferible recurrir a otro modelo para arribar a una comprensión más completa y más precisa del fenómeno de la gelificación.

La investigadora se preocupa por el procedimiento habitual del director de considerar una serie ilimitada de fenómenos de acuerdo con un único marco analítico.<sup>9</sup> Nota, asimismo, una cierta imprecisión y una cierta inestabilidad en la definición y la significación de la teoría de la percolación aplicada a la gelificación para en la física. El laboratorio acababa de obtener medidas precisas sobre el gel y, a la luz de estos resultados locales, no parecía lógico seguir confiando en el modelo de la percolación. Por lo tanto, la investigadora busca entre otros modelos existentes en la literatura científica, y elige un modelo cinético que le parece más adecuado. Mientras que el modelo de la percolación presenta estados estáticos, el modelo cinético da lugar a eventos dinámicos. Esta diferencia resulta importante debido a que la gelificación es, antes que nada, un proceso de tipo dinámico: los investigadores en formación continúan encontrando resultados locales que la investigadora busca insertar en su nuevo modelo cinético. Para ello, recrea un experimento de simulación de la gelificación y establece que haya relaciones precisas entre las distintas propiedades de los geles y los componentes presentes en este experimento.

El éxito obtenido por estos resultados ortogonales –éxito que opaca los resultados asociativos– se debe fundamentalmente a dos factores: uno, lógico-lingüístico; el otro, ligado a la verificación científica. Algunos investigadores del laboratorio emiten críticas relativas a los resultados asociativos de la percolación dado que consideran que éstos se desprenden de un uso abusivo de la epistemología deductiva. En efecto, sostienen que un gran número de fenómenos han sido clasificados abusivamente bajo la categoría de la

<sup>9</sup> Para un análisis histórico de este fenómeno, véase el estudio de Nye (1986) sobre René Blondlot.

percolación. Los investigadores formados coinciden en que si el director del laboratorio explicara el proceso de gelificación con el modelo de percolación, sería un gran descubrimiento. Sin embargo, consideran que en su estado actual estos resultados están, en cierta forma, sometidos a una suerte de imperialismo intelectual. La presencia de un hiato entre las afirmaciones establecidas mediante el método deductivo y los resultados experimentales refuerza aún más las dudas epistemológicas de los investigadores formados. Algunos resultados locales, más que integrarse en el marco de la percolación, se le yuxtaponen.

Ante la puesta en cuestión de sus resultados asociativos, el director especifica que la disposición de los polímeros en un gel se presenta bajo la forma de una red; la densidad de la red como determinante de las propiedades del gel es un efecto visible en las fotos. Pero los demás investigadores del laboratorio objetan que estos argumentos no responden a la necesidad de ver la coincidencia entre los parámetros físicos específicos de los geles con los que componen el modelo de la percolación; demandan que la relación entre la densidad de la red y el estado del gel sea medida y demostrada. Por otro lado, si debe mantenerse el modelo de la percolación para la gelificación, es imprescindible conferirle un carácter dinámico. Ahora bien, una de las características de la representación de la percolación es precisamente su estado estático y, consecuentemente, su ausencia de dinámica. El director trata, entonces, de refutar esta objeción sugiriendo que la percolación debe ser entendida como una secuencia dentro del proceso de modificación de las estructuras estáticas. Esta interpretación debería, de acuerdo con su punto de vista, aportarle una dinámica propia. Sin embargo, para quienes objetan su teoría, la explicación a la que recurre el director no es sino un juego lingüístico y una manipulación de las imágenes que busca enmascarar el modelo de modo que parezca corresponder al fenómeno en discusión. Además, esta forma de proceder contribuye, según ellos, a brindar una imagen sin garantía de un modelo útil, comprometiendo así su aplicabilidad a otros campos de la ciencia donde resulta verdaderamente eficaz. Más que una guerra de palabras, sus oponentes reclaman, antes de profundizar aún más esta teoría, una experimentación seria (Mulkay, 1985).

En esta primera fase del conflicto, los investigadores formados se conforman con poner en cuestión los resultados asociativos. Pero enseguida, y ante la ausencia de otras informaciones, el cuestionamiento inicial da lugar a una verdadera refutación, que llega a una demostración detallada de las fuerzas del modelo cinético con el objeto de arribar a una verdadera comprensión del fenómeno de gelificación.

Esta demostración, puesta en marcha luego de aproximadamente un año de experimentación y de reflexión, contiene cuatro elementos: un argumento, la presentación abundante de nuevos datos experimentales, la inserción de estos datos en el argumento, y el reconocimiento y tratamiento de la información que no ha sido cubierta por el argumento. Durante la primera fase del conflicto, se ha introducido el argumento acerca del carácter dinámico de la gelificación y de la necesidad de un modelo que contemple las propiedades no estáticas. En una segunda etapa, y gracias a las mediciones de sus propiedades, es posible relacionar a los geles con las propiedades dinámicas del modelo cinético; que entonces no son descriptos bajo la forma de red, sino con una morfología similar a aquella de un conjunto de partículas. Siguiendo un proceso de formación autosimilar, un líquido se transforma en gel; el estado autosimilar indica el estado gelificado. El proceso de formación autosimilar corresponde a los estados de pre-gel del material en tren de gelificarse. Este argumento define con precisión cada uno de los términos analíticos y los pone en relación con las propiedades conocidas, eliminando así toda ambigüedad de sentido, toda variación de significación en contextos diferentes y toda relación *ad hoc*.

Se establecen paralelismos mediante la comparación de una experiencia de gelificación química y una experiencia de simulación. Los investigadores encuentran pequeñas dificultades a medida que pretenden hacer coincidir los parámetros de los geles con los componentes analíticos del modelo cinético. Sin embargo, el gel simulado y la experiencia sobre el gel real poseen una cierta cantidad de características comunes. Este trabajo de investigación del LHMP sobre la gelificación ha descartado los resultados asociativos del director en este campo de estudio.

Este desplazamiento tuvo consecuencias tanto sociales como intelectuales. En lugar de aceptar la demostración cinética, el director se retiró de la controversia, evitando todo lo que se relacione de algún modo con la relación percolación/gelificación. Si bien sigue adhiriendo al modelo de la percolación, a partir de ese momento se interesa por otros fenómenos aparte de la gelificación. A medida que sus ambiciones por este modelo van disminuyendo, es posible observar un incremento en la precisión en su trabajo experimental. Además, en este momento ha disminuido su autoridad en el seno del laboratorio. El grupo de los investigadores formados y en formación que se habían opuesto a los resultados asociativos, sigue trabajando sobre la gelificación. La desaceleración de este programa de investigación no fue el comienzo de su solidaridad intelectual ni social. Estos investigadores constituyen un grupo homogéneo que, en ocasiones, cuestiona tanto las contribuciones cognitivas

del director como sus decisiones organizacionales, generando una suerte de contrapoder. En tanto, los investigadores formados siguen produciendo resultados ortogonales y los investigadores en formación, resultados locales. El hecho de que a veces intervengan en la gestión del laboratorio, no los conduce de ningún modo a producir resultados asociativos.

El segundo caso de conflicto entre los resultados de investigación concierne a un trabajo sobre las estructuras de la turbulencia. Aquí, los resultados asociativos se oponen a los resultados locales. A diferencia del ejemplo anterior, los primeros incluyen un enunciado general que proviene directamente de los resultados locales, y no esta vez de una construcción interpretativa ligada a los resultados locales. La controversia trata sobre el origen de la modificación de una señal generada por un marcador en el momento de pasaje de un flujo hidrodinámico del estado laminar al turbulento. Los resultados asociativos del director, que están basados en el trabajo experimental de un investigador en formación, afirman que la modificación de la señal en cuestión es una consecuencia directa de la turbulencia y se debe a la aparición de torbellinos en el flujo. Estos resultados asociativos descartan la posibilidad de que estas modificaciones tengan un origen instrumental o, aún más, que puedan ser el resultado de hechos no turbulentos. Un investigador en formación, que ha comenzado a formar parte del laboratorio recientemente, toma rápido conocimiento del protocolo de la experimentación, de la metodología, y de la teoría propia de este laboratorio. Luego estudia los resultados locales de su predecesor y la transformación de éstos en resultados asociativos e investiga detalladamente el punto preciso de discontinuidad de los flujos turbulentos y laminares así como también las diferentes geometrías que se generan por el cambio de estado. En este punto de la investigación no cuestiona aún los resultados asociativos y –quizá por su temperamento– guarda una cierta reserva. En sus experimentos sobre el régimen de transición laminar-turbulento, se muestra extremadamente cuidadoso en las mediciones que realiza, y en sus análisis. En ese momento, se da cuenta de que sus resultados no coinciden con los resultados asociativos y comienza a dudar de los datos con los que trabaja. Sin embargo, nuevos experimentos lo llevarán a cuestionar los resultados asociativos y no sus propios resultados. Su insatisfacción tiene dos orígenes: en distintas ocasiones ha testeado la técnica experimental de medida, y estas pruebas han revelado que algunos cambios en las señales instrumentales se generan únicamente debido a que a velocidades crecientes cambia la posición del marcador en la celda de experimentación. A criterio del investigador en formación es necesario hacer desaparecer este artefacto experimental de cualquier análisis antes de establecer conclusiones sobre la transición entre flujos laminares y turbulentos.

En efecto, no habría que confundir el desplazamiento del marcador con las distorsiones físicas que se buscan en los fluidos. Finalmente, el investigador tiene la impresión de que los resultados asociativos describen una característica experimental y no una característica fenomenológica.

El director del laboratorio, el investigador en formación que ha realizado las primeras series de experimentos, y los otros investigadores rechazan de manera perentoria estos nuevos datos. Sugieren que el efecto que se ha observado recientemente bien podría ser trivial o sin fundamento, o aun, el producto de una experimentación insuficiente. Sin embargo, algunos de entre estos investigadores toman nota de las insistentes afirmaciones de su colega. Luego de haber estudiado su metodología y analizado las mediciones realizadas, dan marcha atrás sobre su primera impresión y deciden que esta cuestión debería ser objeto de un debate. Quienes están a favor de los resultados asociativos admiten rápidamente la aparente exactitud de los datos del investigador en formación. Sin embargo, no parecen convencidos en creer que los primeros experimentos llevados a cabo sobre el proceso de transición no hayan medido ya el fenómeno relevado por el investigador en formación, o en que este fenómeno haya sido dejado de lado por falta de interés.

Como todos los científicos cuyo trabajo se relaciona con la física macroscópica experimental de la materia condensada, los investigadores del LHMP toman notas de sus investigaciones (Hesse, 1974). Si bien estas notas pertenecen individualmente a cada investigador, son también propiedad de la comunidad científica. Siguiendo un acuerdo tácito, en efecto, pueden ser consultadas por otros colegas y, en circunstancias particulares, incluso consultadas por quienes se oponen. Estas notas se conforman por cuatro fuentes de investigación diferentes: 1) reflexiones de orden general sobre el programa de investigación, conversaciones entre colegas y textos científicos; 2) observaciones personales e impresiones sobre los experimentos y sobre el fenómeno; 3) proposiciones, cálculos, comentarios relativamente estructurados que sirven de preliminar a una exposición; 4) valores numéricos detallados relativos al ajuste de los instrumentos, a los parámetros fenomenológicos, y a las mediciones del programa de investigación para cada experimento. Estos apuntes de investigación son generalmente guardados por un investigador durante varios años luego de la finalización del programa, y generalmente son clasificados en una suerte de archivo oficial del laboratorio. Durante el período de nuestra observación, los investigadores consultan los archivos con el fin de esclarecer el debate sobre el flujo turbulento. Tratan de verificar en un experimento anterior si se ha hecho referencia al efecto del desplazamiento en cuanto componente de la configuración

del flujo y si este efecto ha sido tomado en cuenta en el análisis de los resultados. Es evidente, entonces, que estas notas no mencionan el efecto del desplazamiento y que los investigadores parecen no haberlo tomado en cuenta en sus descripciones. Sin embargo, les parece posible que este efecto haya sido examinado y sus medidas hayan sido consignadas sin que el efecto haya sido integrado en sus resultados. Se realiza un nuevo examen de todos los registros de cada experiencia con la esperanza de encontrar mención, aunque sea oblicua, de una prueba, pero una vez más, no encuentran nada que pueda parecerse a este efecto.

En ausencia de datos favorables y, ante una gran cantidad de mediciones adversas, el director y los investigadores en formación asociados al proyecto retiran los resultados asociativos. En efecto, se dan cuenta de que las mediciones son defectuosas y las conclusiones que se derivan son incorrectas. El director hubiera podido tardar en admitir su error y aceptar una nueva descripción de la transición entre flujo turbulento y laminar. En el momento en que la controversia se produce, diversos investigadores están tratando de corregir las pruebas de un artículo muy esperado que surge de cuatro años de trabajo sobre el tema de turbulencia. A pesar de la pérdida de tiempo y de dinero, y de la frustración que implica reconsiderar los conceptos, rehacer los experimentos, y retomar algunos párrafos del manuscrito para corregir el trabajo anterior la preocupación de estos investigadores, instigados por el director, por ser precisos y exactos los conduce a realizar una revisión exhaustiva de algunos capítulos del artículo. Aquellos que inicialmente eran partidarios de los resultados asociativos también forman parte de este proceso de revisión cognitiva. Las repercusiones sociales generadas por esta controversia son menos transparentes y menos decisivas que en el caso de la primera revisión. Al mismo tiempo que el proyecto de investigación sobre la turbulencia comienza a hacerse cada vez más lento en el LHMP, incluso antes de este episodio, y debido a la ambigüedad y la tensión que reinan en este campo cognitivo, se decide la suspensión de este trabajo en curso.<sup>10</sup> Un cierto malestar se había instalado entre algunos investigadores en formación, defensores de los resultados locales, y el director del laboratorio, promotor de una mayor comprensión de los flujos turbulentos que trata de hacer accesible a un gran grupo de científicos (Cloître y Shinn, 1986). Esta controver-

<sup>10</sup> Bill Harvey (1981) estudia una situación en la que los resultados locales de un investigador en formación no han generado modificaciones en otras categorías de resultados. Él sugiere que esta situación deriva de una configuración de las relaciones sociales. Sin embargo, las evidencias presentadas por Harvey no resultan suficientes para permitir una evaluación adecuada de los elementos cognitivos de este episodio.

sia debería haber servido, por lo menos, para alertar a los investigadores en formación y a los investigadores formados sobre las diferencias y la jerarquía entre las categorías de los resultados de investigación.

#### **CONFIGURACIÓN Y ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA JERARQUÍA COGNITIVA DE LOS RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN**

La información que se ha reunido acerca del estatuto intelectual de las cuatro categorías de resultados de investigación nos lleva a ser cautos. Una cosa resulta clara: para los físicos, desde el punto de vista cognitivo, los tipos de resultados de investigación no son todos iguales entre sí; algunos son más importantes que otros. Los ejemplos que acabamos de presentar muestran que el estatus de los resultados asociativos es bajo en la jerarquía cognitiva, por el contrario, el de los resultados locales es muy elevado. Si tratáramos de representar esta jerarquía, pondríamos los resultados locales en la cima de la escala y los resultados asociativos, en la base. Daría la impresión de que los resultados ortogonales e integradores tienen aproximadamente el mismo estatus intelectual, sin embargo, en la mayor parte de los casos parece que los resultados ortogonales son más fiables y, por ende, más decisivos que los resultados integradores. Estos últimos resultan más estratégicos desde el punto de vista intelectual, pero esta característica a veces le otorga a un enunciado una ambición y una autoridad tales que infringen la prudencia y las exigencias de la demostración.

El lugar de cada categoría de resultados de investigación en la jerarquía cognitiva está basado, en gran parte, sobre tres conjuntos de elementos constitutivos. El primer conjunto comprende tres elementos: las duplas precisión/detalle y error/desestimación y los órdenes de valor. Los físicos del LHMP de todas las clases tienen en cuenta estos elementos y los consideran con un gran respeto e incluso, en algunos casos, con mucha cautela. Estos elementos forman parte, desde hace muchísimo tiempo, del credo científico; además, forman parte tanto de la rutina de trabajo del laboratorio como de las controversias que se generan (Merton, 1973). En el marco de la investigación, la precisión hace referencia a la exactitud en el desarrollo y en la interpretación de las señales instrumentales, así como también a la exactitud y consecución en la definición de los términos y enunciados. El hecho de que sea imposible lograr la precisión absoluta y que aún en el caso de obtenerla su certeza continúe siendo objeto de dudas, conduce a los investigadores del LHMP a definir los límites de sus enunciados indicando que éstos están condicionados por un conjunto de incertidumbres que son especificadas. Estos investigadores buscan definir con exactitud los órdenes de valor contenidos en sus mediciones y argumentos. En cuanto al reconocimiento de los errores

de juicio, éste se encuentra en el seno de este conjunto de elementos que mencionamos. La mayor parte de los investigadores cree que la aceptación de los errores es parte integrante del proceso científico (Darmon, 1986). Contrariamente a lo que sucede entre los filósofos de la ciencia, los físicos no parecen estar particularmente interesados en “la verdad”. En los tres años que duró nuestra observación, no escuchamos ni una y sola vez la palabra “verdad” en el marco de los intercambios científicos. Por el contrario, sí se menciona la cuestión del “error”, y es este reconocimiento del error el que permite arribar a la comprensión del fenómeno. La preocupación por la precisión, el orden de grandeza, de incertidumbre y de denuncia de los errores está particularmente marcado en los componentes de los resultados locales, siendo estos componentes la sensibilidad por la anomalía, el interés por los instrumentos, las condiciones límite, la inserción y la complejidad. Es debido al peso de estos componentes que, durante los períodos de controversias, todos los investigadores del laboratorio aceptan los resultados locales como el último mecanismo de arbitraje cognitivo.

El segundo conjunto de elementos que determina el lugar de los resultados de la investigación en la jerarquía cognitiva comprende el interés, la posibilidad, la historia y la originalidad. Si bien estos elementos no son características que se atribuyan habitualmente a la investigación científica, juegan un rol central en el desarrollo de los conocimientos. Los investigadores, en efecto, saben perfectamente que será difícil trabajar sin ellos. El interés está relacionado con la atracción potencial que genera el primer esbozo de las ideas, tanto de las ideas en sí mismas como de sus mediciones (Barnes, 1978; Law, 1983). Los resultados son interesantes en cuanto brindan un panorama –y únicamente un panorama– del camino a seguir. La “posibilidad” ofrece, más aún que el interés, una visión prometedora en cuanto permite imaginar una sustancia experimental más demarcada (Cloître y Shinn, 1985). En la enunciación de los resultados, la posibilidad se expresa con el modo condicional. Ésta señala que una observación o un argumento particulares podrían jugar un rol interesante en los campos donde no han sido aún comprobados. El mantenimiento de un resultado de investigación está igualmente justificado por la extensión de una línea de investigación ya establecida históricamente, y por la perpetuación de conclusiones que han sido reconocidas históricamente (Graham, Lepenies y Weingart, 1983; Hulin, 1983). Dado que se trata de un referente de tipo “histórico”, se menciona a un físico que ha dirigido –o que ha contribuido a dirigir– la familia de los resultados que están en cuestión, poniendo en evidencia la existencia de una línea histórica; el investigador debe, entonces, precisar la forma en que los nuevos resultados se entremezclan con las conclusiones históricas. En lo que

respecta a la “originalidad”, ésta es, en cierta forma, la antítesis del referente histórico. Si bien los resultados originales hacen referencia en forma moderada a las mediciones, a la lógica y a la coherencia, éstos podrían buscar la legitimidad si logran demostrar, mediante el recurso a una progresión lineal, que existe una cierta discontinuidad en la comprensión de los fenómenos. En reiteradas ocasiones, los físicos consideran que estos cuatro elementos mencionados (el interés, la posibilidad, la historia y la originalidad) son relativamente positivos y es por ello que buscan asociarlos a sus resultados de investigación. Sin embargo, estos elementos no están ampliamente presentes en todos los resultados; se consideran como un plus, pero nada más que eso. Aportan únicamente beneficios secundarios teniendo un rol de soporte de los resultados, de modo que no llegan a inspirar una confianza total. En el caso de los resultados asociativos, la combinación de la generalización, la simplicidad y las vivencias –combinación en la cual los cuatro elementos arriba mencionados están presentes– altera la credibilidad. El peso de estos elementos en la construcción de los resultados asociativos explica el motivo por el cual estos últimos están relegados al escalafón más bajo de la jerarquía cognitiva de los resultados de investigación.

El tercer conjunto de elementos está conformado por la síntesis y por la unificación, cuyo peso analítico, en la física experimental macroscópica de la materia condensada que utilizamos hoy, explica las posiciones intermedias de los resultados ortogonales e integradores en la jerarquía cognitiva. Por el concepto de síntesis se entiende el tratamiento convergente de distintas clases de fenómenos en un mismo marco analítico o en un mismo marco de representación. La síntesis presupone el recurso al uso de una cantidad importante de estructuras conceptuales que se utilizarán para describir y explicar categorías de fenómenos amplias y diferentes. La extrema diversidad y la complejidad que caracterizan el universo de las ciencias físicas conlleva una multiplicidad de síntesis: una sola entre ellas no sería suficiente para explicar la totalidad de un mismo hecho. La unificación resulta ser la forma radical de la síntesis. Ésta tiende a agrupar todas las categorías fundamentales de los fenómenos bajo un único conjunto de enunciados. Aquí se considera que un condensado de leyes físicas es suficiente para tratar las relaciones fundamentales de los fenómenos (Pantin, 1968; Pickering, 1984; Shinn y Cloître, 1987; Whitley, 1984).

Desde comienzo del siglo XX, han surgido distintas discusiones a favor de la utilización de la síntesis, y especialmente, de la unificación. Esta tendencia se debe en gran parte a la hegemonía de la física microscópica teórica sobre los otros campos de la física. En efecto, es justamente en el campo de la micro-

física teórica donde la unificación ha permitido un gran avance en los conocimientos; tomemos como ejemplos la formulación de la teoría electromagnética, las teorías de las interrelaciones fuertes y estables, y la unificación de estas tres fuerzas. Estos resultados brillantes han suscitado una admiración que no ha tardado en traspasar las barreras de la física microscópica teórica para abarcar también el campo de la física macroscópica experimental de la materia condensada. Sin embargo, tanto su estatus como su capacidad explicativa han permanecido ambiguos. En efecto, algunos científicos pertenecientes a la macrofísica consideran que su campo de investigación no ha sido aún lo suficientemente explorado como para permitir la unificación, a pesar de que ésta podría ser obtenida mediante el avance en el trabajo de investigación. Por el momento, están ocupados por la síntesis y por las dificultades que ésta presenta. En oposición a ellos, otros físicos piensan que la complejidad y la diversidad de su campo de acción no les permitirían jamás obtener la unificación. Para ellos, la síntesis es la última categoría de enunciados que están en condiciones de lograr. Existen incluso quienes expresan sus dudas sobre la síntesis en sí misma, ya que consideran que sus enunciados encierran demasiadas deformaciones y aproximaciones.

Parecería entonces que la síntesis y la unificación están en el origen de un cierto malestar entre los físicos. La mayor parte de ellos aceptan una parte de los enunciados sintéticos como válidos pero consideran a los otros como simples mecanismos heurísticos. En cuanto a la unificación, provoca aún más escepticismo. La síntesis se encuentra en el centro de los resultados ortogonales, y en un punto intermedio entre la síntesis y la unificación que está por debajo de los resultados integradores. Como ellos evitan la unificación y respetan el detalle, los resultados ortogonales generan mayor confianza que los resultados integradores. Estas dos categorías de resultados de investigación expresan una preocupación de autenticidad fenomenológica, escapando así a la fragilidad de los resultados asociativos. Al mismo tiempo, sin embargo, no están lo suficientemente cerca de los fenómenos como para lograr un nivel cognitivo de los resultados locales.

### **UN DOBLE ALIVIO**

Contrariamente a lo que piensan algunos físicos y sociólogos de la ciencia, los rasgos característicos de los resultados de las investigaciones que se efectúan no se deben a los gustos o a las tendencias individuales. En efecto, estos resultados reposan principalmente sobre estructuras estables y contienen regularidades que van más allá de las particularidades propias de cada investigador.

El comportamiento de los investigadores del LHMP está en relación directa y simultánea con la jerarquía social y con la jerarquía cognitiva de los resultados de investigación. Hemos podido notar tres tipos distintos de relaciones entre estas dos jerarquías mencionadas. En el primer tipo de relación existe, ante la ausencia de controversias, un predominio de la jerarquía social en tanto que la jerarquía cognitiva se mantiene como una fuerza latente. En este caso, la tensión entre las dos jerarquías es mínima; no solamente ellas coinciden parcialmente, sino que además se refuerzan la una a la otra. La exploración fenomenológica y las redes sociales que están ligadas a los resultados asociativos del director alimentan tanto los resultados locales como los ortogonales. Aunque existan divergencias entre estos últimos y los resultados asociativos, éstas no ponen en riesgo la comprensión de los fenómenos ni hacen pensar en la desestabilización social del laboratorio. (Esta última, en efecto, es tan temida que conduciría inevitablemente a un malestar cognitivo causado por la atrofia de las redes sociales, las cuales, en última instancia, generan beneficios intelectuales y tecnológicos). En esta configuración, la relación entre las jerarquías social y cognitiva de los resultados se encuentra distendida, jugando la jerarquía cognitiva el rol de barrera. El poder social y el poder cognitivo van coincidiendo de a poco pero esto no implica de ningún modo que el primer tipo de poder determine los enunciados cognitivos.

En el segundo tipo de relación, las jerarquías sociales y cognitivas funcionan de forma activa y conjunta, sin estorbarse entre sí. Hay desacuerdo entre los resultados de investigación que transforman la jerarquía cognitiva de fuerza potencial en fuerza activa. El acuerdo tácito de los investigadores formados y de los investigadores en formación en cuanto a la primacía de la jerarquía cognitiva, acuerdo que refuerza los resultados precisos y que han sido ampliamente analizados, provoca algunas alteraciones en los resultados asociativos. Sin embargo, este proceso de ajuste cognitivo no logra remodelar profundamente los enunciados del director. Los cambios necesarios dejan intacta la esencia de estos enunciados. El centro cognitivo de la jerarquía social no está erosionado. Las alteraciones de este tipo, que tienen lugar en el marco de la jerarquía social estable, son frecuentes. Los físicos encuentran en ella el mismo signo de espíritu comunitario que encuentran en la investigación científica. En este esquema, los investigadores formados y los investigadores en formación no se aventuran más allá de sus estratos sociales respectivos. No usurpan el rol del director, y por lo tanto, tampoco ponen en peligro la adquisición de los recursos y el aporte cognitivo. La tensión intrínseca pero controlada de esta configuración refuerza las bases de la jerarquía social de los resultados de la investigación científica, ya que

ésta última funciona de modo eficaz incluso frente a la adversidad y al malestar intelectual. Si bien en este esquema el rol de la jerarquía cognitiva es activo, los intercambios entre las dos jerarquías son pacíficos y mutuamente beneficiosos.

En el tercer tipo de relación, los intercambios entre las distintas jerarquías genera transformaciones al interior de la jerarquía social, produciendo una alteración en el prestigio y la autoridad del director en el seno de su laboratorio, un aumento en la participación de los investigadores en formación y los investigadores formados en la adquisición de recursos, y un reforzamiento de su autonomía de éstos en los proyectos de investigación. Estos intercambios entre las jerarquías se deben a los esfuerzos destinados a corregir de modo eficaz los resultados de investigación que resultan inadecuados. Para poder hacer una revisión de los resultados asociativos, por ejemplo, es necesario abandonar algunos descubrimientos, y esto perturba el equilibrio de la jerarquía social de los resultados. Los hechos intelectuales y sociales que preceden este abandono son problemáticos y conflictivos. Los investigadores formados y los investigadores en formación se alían; el director se encuentra entonces en el banquillo y ve que sus resultados son rechazados. Sin embargo, a pesar de que la jerarquía social está en un estado de tensión extrema, y de que se tejen diversas alianzas, ésta continúa funcionando, aunque sobre una base un poco reducida. De acuerdo con el grupo al que pertenecen en el laboratorio, los investigadores continúan comportándose, en la gran mayoría de los casos, como si la jerarquía social fuera cuestionada desde el interior mismo de la institución. Ellos trascienden los movimientos sociales y siguen participando, en forma simultánea, en las dos jerarquías. Pero, de ningún modo, viven esta doble adhesión como una paradoja o como un compromiso. Por el contrario, para ellos, se trata de una fase difícil pero admisible dentro de la práctica cotidiana de la investigación científica. En pocas palabras, aun cuando en esta configuración la jerarquía social está fuertemente puesta a prueba por la jerarquía cognitiva de los resultados de investigación, guarda sin embargo la esencia de su morfología.

El carácter estratificado y heterogéneo de la práctica social y cognitiva de la ciencia se pone especialmente de manifiesto en este tercer tipo de relación entre las jerarquías. Es posible imaginar que estas formas agudas de estratificación y heterogeneidad conducen a la dispersión y fragmentación social y cognitiva. Sin embargo, a lo largo de toda nuestra observación no hemos encontrado en ningún momento este tipo de situaciones, que parecen incluso ajenas al funcionamiento de la ciencia. En efecto, se puede considerar que la conmensurabilidad cognitiva, que se basa en las regularidades y en la con-

vergencia del comportamiento de los fenómenos, constituye un mecanismo de limitación para la heterogeneidad.<sup>11</sup>

La producción del saber es extremadamente compleja; describirla de forma demasiado mecánica y sistemática es un peligro permanente. Seguramente, nuevas investigaciones sociológicas revelarán en el futuro otras lógicas y matices en la composición e interacciones de las jerarquías sociales y cognitivas. Una cuestión sumamente importante guarda relación con la transición de personas de una categoría de la jerarquía social del laboratorio a otra: se trata de saber si las transformaciones en las propiedades de los resultados de un investigador sobrepasan o siguen una movilidad de tipo ascendente. Junto a lo anterior, sería relevante también entender de qué forma, cuando se producen momentos de controversias cognitivas, los miembros de un estrato social de un laboratorio pueden ser llevados a adoptar la lógica que se utiliza en un estrato distinto al que pertenecen. Esta situación podría constituir perfectamente el origen de una flexibilidad jerárquica que, dicho sea de paso, no ha sido observada jamás en nuestro objeto de estudio. Un vocabulario descriptivo más completo permitiría matizar los futuros análisis de la estructura y de las jerarquías de los resultados de investigación. Por último, las observaciones en diferentes subdisciplinas permitirían mejorar nuestra comprensión acerca del funcionamiento de la investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Allen, T. (1977), *Managing the Flow of Technology: Technology Transfer and Dissemination of Technological Information within R&D Organization*, Cambridge, MIT Press.
- Barnes, B. (1978), *Interests and the Growth of Knowledge*, Londres, Routledge & Kegan Paul.
- Blancpain, F. (1974), "La création du CNRS: histoire d'une décision, 1901-1939", *Bulletin de l'IIAP*, 32, pp. 93-143.
- Bourdieu, P. (1975), "The Specificity of the Scientific Field and the Social Conditions of the Progress of Reason", *Social Science Information*, 14, (6), pp. 19-47.

<sup>11</sup> La idea de Kuhn acerca de que la ciencia comprende conocimientos que son inconmensurables es válida (Kuhn, 1972). Sin embargo, es un error describir la totalidad de los conocimientos científicos como inconmensurables; además, enunciados que pueden ser inconmensurables en un período específico, en algunos casos, dejan de serlo en períodos ulteriores. En efecto, son los conocimientos del mundo de la física los que resultan ser inconmensurables y no el mundo físico en sí mismo; y a medida que los investigadores aumentan sus conocimientos de un fenómeno, la inconmensurabilidad tiende a disminuir. Véase Freudenthal (1984).

- Boyd, R. (1983), "On the Current Status of the Issue of Scientific Realism", *Erkenntnis*, 19, (1-3), pp. 45-90.
- Boyd, R. (1985), "Observations, Explanatory Power and Simplicity: Towards a Non-Human Account", en Achinstein P. y Hannaway O. (eds.), *Observation, Experiment and Hypothesis in Modern Physical Science*, Cambridge, MIT Press.
- Brannigan, A. (1981), *The Social Basis of Discovery*, Londres, Routledge & Kegan Paul.
- Bunders, J., M. Cloître y T. Shinn (1986), "Publics, Procedures, *Weltanschauung*; Parameters of Disciplinary Differentiation: The Case of Neuro-Biology and Experimental Macrophysics, in Senses of Science", ponencia presentada en el 4<sup>th</sup> Annual Meeting de EASST, Estrasburgo.
- Cloître, M. y T. Shinn (1985), "Expository Practices: Social, Cognitive and Epistemological Linkage", en Shinn, T. y R. Whitley (eds.), *Expository Science: Forms and Functions of Popularization. Sociology of the Sciences Yearbook. Vol. IX*, Dordrecht, Reidel Publishing Co.
- Cloître, M. y T. Shinn (1986), "Enclavement et difusión du savoir", *Information sur les Sciences Sociales*, 25, (1), pp. 161-187.
- Collins, H. (1974), "The TEA Set: Tacit Knowledge and Scientific Networks", *Science Studies*, 4, (2), pp. 165-168.
- Crawford, E. (1984), *The Beginnings of The Nobel Prize Institution. The Science Prizes, 1901-1915*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Darmon, G. (1986), "The Asymmetry of Symmetry", *Social Science Information*, 25, (3), pp. 743-755.
- Dénis, M. (1979), *Les images mentales*, París, PUF.
- Edge, D. y M. Mulkay (1976), *Astronomy Transformed; The Emergence of Radio Astronomy in Britain*, Nueva York, Wiley.
- Fodor, J. (1983), *The Modularity of Mind*, Cambridge, Harvard University Press.
- Freudenthal, G. (1984), "The Role of Shared Knowledge in Science: the Failure of the Constructivist Programme in the Sociology of Science", *Social Studies of Science*, 14, (2), pp. 285-295.
- Galison, P. (1985), "Bubble Chambers and the Experimental Workplace", en Achinstein P. y O. Hannaway (eds.), *Observation, Experiment and Hypothesis in Modern Physical Science*, Cambridge, MIT Press, pp. 309-373.
- Graham, L., W. Lepeyres y P. Weingart (eds.) (1983), *Functions and Uses of Disciplinary Histories*, Dordrecht, Reidel Publishing Co.
- Harvey, B. (1981), "Plausibility and the Evaluation of Knowledge: A Case-Study of Experimental Quantum Mechanics", *Social Studies of Science*, 11, (1), pp. 95-130.
- Heilbron, J. (1982), "Fin-de-Siècle Physics", en Bernhard, C., E. Crawford y P.

- Sörbom (eds.), *Science, Technology and Society in the Time of Alfred Nobel*, Oxford, Nobel Foundations.
- Hesse, M. (1974), *The Structure of Scientific Inference*, Londres, Macmillan.
- Holton, G. (1978), *The Scientific Imagination: Case studies*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Hulin, N. (1983), "Une épreuve d'histoire des sciences aux agrégations scientifiques dans la deuxième moitié du XIX siècle", *Revue de Synthèse*, 109, (1), pp. 53-73.
- Jurdant, B. (1984), "Ecriture, monnaie et connaissance", tesis doctoral, Strasbourg I, Université Louis Pasteur, Estrasburgo.
- Keith, S. y P. Hoch (1986), "Formation of a Research School: Theoretical Solid State of Physics at Bristol 1930-1954", *British Journal of the History of Science*, 19, (61), pp. 19-44.
- Knorr, K. (1979), "Tinkering Toward Success: Prelude to a Theory of Scientific Practice", *Theory and Society*, 8, (3), pp. 347-376.
- Knorr-Cetina, K. (1981), *The Manufacture of Knowledge: An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science*, Oxford, Pergamon Press (traducción en español: *La producción del conocimiento. Un ensayo sobre la naturaleza constructivista y contextual de la ciencia*, Bernal, Universidad Nacional de Quilmes, 2005).
- (1982), "Scientific Communities or Transepistemic Arenas of Research? A Critique of Quasi-Economic Models of Science", *Social Studies of Science*, 12, (1), pp. 101-130 (traducción en español: "¿Comunidades científicas o arenas transepistémicas de investigación? Una crítica a los modelos cuasi-económicos de la ciencia", *REDES*, 3, (7), 1996, pp. 129-160).
- Kosslyn, S. (1980), *Image and Mind*, Cambridge, Harvard University Press.
- Kuhn, T. (1972), *La structure des révolutions scientifiques*, París, Flammarion (traducción en español: *La estructura de las revoluciones científicas*, México, Fondo de Cultura Económica, 1971).
- Lakatos, I. (1970), "The Metodology of Scientific Research Programmes", en Lakatos, I. y A. Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Londres, Cambridge University Press.
- Latour, B. y S. Woolgar, (1979), *Laboratory Life: The Social Construction of Scientific Facts*, Londres, Sage (traducción en español: *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*, Madrid, Alianza, 1995).
- Laudan, L. (1977), *Progress and its Problems; Towards a Theory of Scientific Growth*, Londres, Routledge & Kegan Paul.
- Law, J. (1983), "Enrôlement et contre-enrôlement: les luttes pour la publication d'un article scientifique", *Information sur les sciences sociales*, 22, (2), pp. 253-281.

- Leatherdale, W. (1974), *The Role of Analogy, Model and Metaphor in Science*, Amsterdam y Oxford, University of New South Wales.
- Lemaine, G., G. Darmon y S. El Nemer (1979), *Noopolis, Les laboratoires de recherche fondamentale de l'atelier à l'usine*, París, EHESS.
- Marr, D. (1982), *Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*, Nueva York, W. H. Freeman and Co.
- Merton, R. (1973), *The Sociology of Science*, Chicago, University of Chicago Press.
- Miller, A. (1984), *Imagery in Scientific Thought: Creating the 20<sup>th</sup> Century Physics*, Cambridge y Boston, Birkhauser.
- Mitroff, I. (1974), *The Subjective Side of Science*, Amsterdam, Elsevier.
- Mott, N. (1941), "Application of Atomic Theory to Solids", *Nature*, 147, pp. 623-624.
- Mulkay, M. (1974), "Conceptual Displacement and Migration in Science: A Prefactory Paper", *Science Studies*, 4, (3), pp. 205-234.
- Mulkay, M. (1985), *The Word and The World*, Londres, George Allen & Unwin.
- Mulkay, M. y N. Gilbert (1980), "Putting Philosophy to Work: Karl Popper's Influence on Scientific Practice", mimeo.
- Nye, M. (1986), *Sciences in the Provinces. Scientific Communities and Provincial Leadership in France, 1860-1930*, Berkeley, University of California Press.
- Pantin, C. (1968), *The Relations between the Sciences*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Papon, P. (1979), *Le pouvoir de la Science en France*, París, Le Centurion.
- (1983), *Pour une prospective de la science. Recherche et technologie: les enjeux de l'avenir*, París, Seghers.
- Paul, H. (1986), *From Knowledge to Power: The Rise of the Science Empire in France, 1860-1939*, Nueva York, Cambridge University Press.
- Pickering, A. (1984), *Constructing Quarks: A Sociological History of Particle Physics*, Edinburgo, Edinburgh University Press.
- Prigogine, I. e I. Stengers (1979), *La nouvelle alliance*, París, Gallimard.
- Ravetz, J. (1971), *Scientific Knowledge and Its Social Problems*, Oxford, Clarendon Press.
- Schrum, W. (1984), "Scientific Specialties and Technical Systems", *Social Studies of Science*, 14, (1), pp. 63-90.
- Shapere, D. (1985), "Observation and The Scientific Enterprise", en Achinstein P. y O. Hannaway (eds.), *Observation, Experiment and Hypothesis in Modern Physical Science*, Cambridge, MIT Press.

- Shinn, T. (1983), "Construction théorique et démarche expérimentale: essai d'analyse sociale et épistémologique de la recherche", *Information sur les sciences sociales*, 22 (3), pp. 511-554.
- (1987), "Géométrie et langage: La structure des modèles en sciences sociales et en sciences physiques", *Bulletin de méthodologie sociologique*, 16, (1), pp. 5-38.
- y M. Cloître (1987), "Matrici analitiche dell'organizzazione della scienza", *Sociologia e ricerca sociale*, 8, (24), pp. 83-111.
- Toulouse, G. y G. Bok (1978), "Principe de moindre difficulté et structures hiérarchiques", *Revue française de sociologie*, 19, (3), pp. 391-406.
- Whitley, R. (1984), *The Intellectual and Social Organization of The Sciences*, Oxford, Oxford University Press.
- Ziman, J. (1978), *Reliable Knowledge: An Exploration of the Grounds for Belief in Science*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Ziman, J. (1979), *Models of Disorder*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Zuckerman, H. (1977), *Scientific Elite: Nobel Laureates in United States*, Nueva York, Free Press.