

El valor de las leyes estadísticas en la física y en las ciencias sociales

ETTORE MAJORANA

MAJORANA: MATERIALES PARA UNA BIOGRAFÍA (Por Carlos Allones Pérez¹)

*Ninguèm sabe quando nasce,
pra que nasce
unha persoa*
Fado Portugués

Juventud

Ettore Majorana nació en Catania, Sicilia, en 1906, en el seno de una familia de abogados, ingenieros y políticos. Cuando tenía 11 años de edad su familia se trasladó a Roma y Ettore continuó sus estudios de bachiller en un colegio de jesuitas y luego ingresó en la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Roma. Algunos alumnos de esa escuela se quejaban del carácter excesivamente tecnológico y aplicado de los estudios que ofrecían los profesores de la Escuela, sintiéndose más inclinados a la especulación teórica, por lo que se fueron acercando a Enrico Fermi, que por entonces enseñaba en el Instituto de Física de la capital romana. Emilio Segrè, amigo de la infancia de Ettore y también siciliano, fue uno de esos estudiantes descontentos, y el que de hecho lo llevó por vez primera al Instituto de la Via Panisperna y le presentó a Fermi, por lo que Majorana dejó la Ingeniería y pasó a

¹ Departamento de Sociología y Ciencia Política y de la Administración. Universidad de Santiago de Compostela. carlones@usc.es

estudiar Física Teórica, leyendo su Tesis «Sulla mecánica dei nuclei radioattivi», escrita bajo la dirección de Fermi, el 6 julio de 1929.

Desde un primer momento los «chicos de la Via Panisperna» (como se conocía en Roma a los discípulos de Fermi), se sintieron impresionados por las cualidades intelectuales de Majorana. Particularmente llamaba mucho la atención su espíritu crítico, que aplicaba por igual al trabajo propio como al ajeno, y que le valió entre sus compañeros el apelativo en broma de *Il Grande Inquisitore*. Su ingenio para elegir la manera más fácil y elegante de afrontar los problemas, a base de intuiciones casi proféticas, que, sin embargo, respetaban escrupulosamente los resultados experimentales del laboratorio. Su autoridad en la expresión matemática de esas intuiciones, arriesgando simetrías que simplificaban en mucho su resolución, etc... Todo en fin hacía de Majorana, según el testimonio de los colegas que lo trataron (ni más ni menos que Fermi, Segrè, Heisenberg, Amaldi,...), un físico teórico de altura, que se distinguía de los demás, y cuyas opiniones, en todo caso, convenía tener muy en cuenta...

Pero también resultaba atractivo por su original personalidad, pues hasta parecía que se dedicaba a la Física más como hobby que como profesión, como si él mismo fuera uno de esos personajes que creara su admirado Pirandello, de los que nunca se acaba de saber a ciencia cierta si están o no están metidos en la trama que se representa en escena².

En su excelente biografía de Majorana, Edoardo Amaldi, la gran figura institucional de la Física italiana de post-guerra, y su amigo personal, nos recuerda numerosas anécdotas de la juventud de Majorana, que nos permiten conocerlo de cerca, pero de todas ellas, para argumentar lo que aquí nos ocupa, elegimos ésta:

«Hacia el final de enero de 1932, comenzamos a recibir los números de los «Comptes Rendus» que contenían las famosas notas de F. Joliot e I. Curie sobre la radiación incidente descubierta por Bothe y Becker.

En la primera de estas notas se mostraba que la radiación penetrante emitida por Berilio bajo bombardeo con partículas alfa de polonio podía transferir energías cinéticas de más o menos 5 millones de electronvoltios al protón presente en pequeñas capas de distintos materiales hidrogenados (como agua o celofán). Para interpretar estas observaciones al principio los Joliot-Curies (1932)³, lanzaron la hipótesis de que el fenómeno era similar al efecto Compton, es decir, que el fotón incidente pasa por una colisión elástica con un protón; habían calculado, aplicando las leyes de conservación de la energía y del momento, que los fotones incidentes deberían haber tenido una energía sobre 50 millones de electronvoltios para ser capaces de transferir tan elevada energía al protón. Sin embargo, se habían dado cuenta bien pronto de que cuando se aplicaba a los protones la fórmula de Klein

² Véase particularmente *El difunto Matías Pascual* (1904).

³ Las fechas entre paréntesis señalan el año de publicación de los artículos científicos que se comentan, y que pueden encontrarse cumplidamente referenciados en el texto de AMALDI (1966) que en estas páginas estamos utilizando y traduciendo.

y Nishina, la sección eficaz era demasiado pequeña en varios órdenes de magnitud, y habían sugerido que el efecto observado era debido a un nuevo tipo de interacción entre los rayos *gamma* y los protones, diferente de la que era responsable del efecto Compton.

Cuando Ettore leyó estas notas dijo, meneando la cabeza: «No han entendido nada. Se trata probablemente de protones del retroceso (recoil) producidos por una partícula neutra pesada». Unos días más tarde recibimos, en Roma, el número de *Nature* que contenía la carta al editor de Chadwick con fecha del 17 de febrero de 1932, titulada «Posible existencia de un neutrón», en la que demostraba la existencia del neutrón en base a una serie de experimentos clásicos, en los cuales núcleos del retroceso de algunos elementos ligeros (como nitrógeno, por ejemplo) fueron observados en adición a protones del retroceso.» (Amaldi 1966: 50)

Continúa Amaldi: «Poco después del descubrimiento de Chadwick, varios autores comprendieron que el neutrón debía de ser uno de los componentes del núcleo y comenzaron a proponer varios modelos que incluían partículas *alfa*, protones, electrones y neutrones.

El primero en publicar la idea de que el núcleo se compone solamente de protones y neutrones fue probablemente Iwanenko (1932). Ni yo ni sus otros amigos podemos recordar si Ettore Majorana llegó a esta conclusión independientemente. Lo que si es cierto es que antes de Semana Santa de aquel año Majorana intentó elaborar una teoría del núcleo ligero, asumiendo que se componía únicamente de protones y neutrones (o de protones neutros, como él por entonces decía) y que los primeros interactuaban con los últimos a través de fuerzas de intercambio. También alcanzó la conclusión de que esas fuerzas de intercambio deberían actuar solamente sobre las coordenadas espaciales (y no de spin) si se quiere que la partícula *alfa*, y no el deuterio, sea el sistema saturado con respecto a la energía de enlace (binding energy).

Majorana habló sobre este bosquejo de teoría a sus amigos del Instituto, y Fermi, quién se había dado cuenta a la primera de su interés, le aconsejó que publicase cuanto antes sus resultados, incluso aunque fuesen parciales. Sin embargo, Ettore no quería ni oír hablar de esto, porque consideraba que su trabajo estaba incompleto. De ahí que Fermi, que había sido invitado a participar en la conferencia de Física que iba a tener lugar en julio de aquel año en París en el marco de la V Conferencia Internacional sobre Electricidad, y que había escogido como tema las propiedades del núcleo atómico, le pidió a Majorana permiso para mencionar sus ideas sobre las fuerzas nucleares. Majorana prohibió a Fermi mencionarlas, pero añadió que si tuviese realmente que hacerlo debería decir que esas ideas eran de un conocido profesor de ingeniería eléctrica quien, entre otros, iba a estar presente en la conferencia de París, y a quien Majorana consideraba un ejemplo vivo de cómo no hacer investigación científica.

Por eso, el 7 de julio, Fermi presentó su ponencia en París sobre «El estado presente de la Física del núcleo atómico» (1932) sin mencionar el tipo de fuerza que sería posteriormente conocida como «la fuerza de Majorana» y que había sido elaborada, aunque de forma tosca, algunos meses antes.

El número de *Zeitschrift für Physik* del 19 de julio de 1932, contenía el primer artículo de Heisenberg sobre las «fuerzas de intercambio de

Heisenberg», es decir, fuerzas que involucraban el intercambio de coordenadas espaciales y de spin.

Este artículo causó una gran impresión en el mundo científico; fue el primer intento de llevar adelante una teoría del núcleo que, a pesar de ser incompleta e imperfecta, tenía éxito en vencer algunas de las dificultades teóricas que parecían hasta entonces insuperables. Todo el mundo en el Instituto de Física de la Universidad de Roma estaba extremadamente interesado y lleno de admiración por los resultados de Heisenberg, pero al mismo tiempo decepcionado de que Majorana no hubiese publicado sus ideas ni siquiera permitido a Fermi mencionarlas en la conferencia internacional. El artículo de Heisenberg abordaba el problema desde un punto de vista más amplio y completo, pero Ettore Majorana había entendido a la perfección, o al menos eso nos parecía a nosotros, las consecuencias de la acción de las fuerzas de intercambio en lo que concernían a la energía de enlace del núcleo ligero.

Otra vez Fermi intentó persuadir a Majorana para publicar algo, pero todos sus esfuerzos y los de sus amigos y colegas fueron en vano. Ettore replicaba que ahora Heisenberg había dicho todo lo que había de ser dicho y que, de hecho, probablemente había incluso dicho demasiado. Sin embargo, finalmente, Fermi consiguió convencerlo para que fuese al extranjero, primero a Leipzig y después a Copenhagen, y obtuvo una beca del Consejo Nacional de Investigación para su viaje, el cual comenzó a finales de enero de 1933, y duró 6 ó 7 meses.» (Amaldi 1966: 51-53)

Aquel año en Alemania Majorana fue testigo directo del acceso de Hitler al poder. En efecto, el 30 de enero, después de una larga crisis de gobierno, Hindenburg nombró constitucionalmente a Hitler canciller del Reich. El 27 de febrero los nazis prenden fuego al Reichstag y culpan a los comunistas. El 28 de febrero, sacando ventaja de la impresión causada por el incendio del Reichstag, Hitler hace que Hindenburg firme un documento suprimiendo los artículos de la Constitución que garantizaban las libertades individuales y civiles. El 5 de marzo se producen nuevas elecciones, y el 21 de marzo tiene lugar la primera sesión del nuevo Reichstag del Tercer Reich. Los Nazis no tenían todavía la mayoría, pero sí suficiente poder como para finalmente en unos pocos días tener éxito en poner a Hitler al frente del Reich.

Para terminar con esta anécdota, tan significativa de la actitud de Majorana ante su carrera académica, nos dice Amaldi:

«Feenberg recuerda atender a uno de los seminarios de Heisenberg sobre fuerzas nucleares, en el cual Heisenberg mencionó también la contribución hecha por Majorana sobre este tema: dijo que el autor estaba presente y lo invitó a decir algo sobre sus ideas, pero Ettore rehusó. Cuando dejó el seminario, Uhlenbeck le dijo a Feenberg cuanto admiraba las penetrantes ideas de Majorana que habían sido mencionadas por Heisenberg.

Durante ese período Majorana se hizo amigo de Heisenberg, por quien siempre había sentido una gran admiración y sentimiento de amistad. Fue Heisenberg quien con su autoridad pudo persuadirle sin dificultad de publicar su artículo sobre la teoría del núcleo, que aparece en el mismo año de 1933, en el *Zeitschrift für Physik* y en la *Ricerca Scientifica*.» (Amaldi 1966: 56)

Primera desaparición de Majorana

Pero sigamos todavía un poco más con Amaldi:

«Cuando regresó a Roma en el otoño de 1933, Ettore no gozaba de buena salud, por culpa de una gastritis que había cogido en Alemania. No está claro lo que la había causado, pero los doctores de la familia la atribuyeron a un agotamiento nervioso.

Comenzó a asistir al Instituto de la Via Panisperna tan sólo a intervalos, y después de algunos meses dejó de venir totalmente: tendía más y más a ocupar sus días en casa estudiando un número extraordinario de horas.

Durante ese tiempo estaba más interesado en la Economía Política, la vida política, las flotas de varios países y su respectivo poder, y las características de construcción de los barcos, que en la Física. Al mismo tiempo su interés en Filosofía, que siempre había sido grande, aumentó y lo llevó a reflexionar profundamente en las obras de varios filósofos, particularmente Schopenhauer.

Fue probablemente en esa época cuando escribió el artículo sobre *El valor de las leyes estadísticas en la Física y en las Ciencias Sociales*, que fue encontrado entre sus papeles por su hermano Luciano, y que fue publicado después de su desaparición por Giovanni Gentile junior.

Además de estos viejos y nuevos intereses encontró uno nuevo en medicina, un tema que abordaba quizás para entender los síntomas y el significado de su enfermedad.

Un considerable número de intentos por Giovanni Gentile junior, Emilio Segrè y yo mismo para traerlo de vuelta a una vida normal no tuvieron éxito. Recuerdo que en 1936 raramente abandonaba la casa, ni siquiera para ir al peluquero, y por ello tenía el pelo anormalmente largo; durante este período alguno de sus amigos que habían estado visitándolo le enviaron un barbero, a pesar de sus protestas. Sin embargo, ninguno de nosotros tuvo éxito en averiguar si todavía estaba haciendo investigación en Física Teórica; yo creo que sí, pero no tengo pruebas.» (Amaldi 1966: 57-8)

¿Pero qué investigaciones se llevaban a cabo por entonces en el Instituto de la Via Panisperna, en las que sabemos positivamente que Ettore Majorana no participó?

Las que realizaron entre 1934 y 1935 Enrico Fermi y alguno de sus colaboradores: Amaldi, D'Agostino, Pontecorvo, Rasetti, y Segrè:

Después del anuncio hecho por Joliot-Curie al comienzo de 1934 del descubrimiento de la radioactividad artificial inducida por una partícula *alfa*, E. Fermi sugiere a Rasetti la posibilidad de observar efectos análogos pero esta vez inducidos por neutrones. El 25 de marzo una carta a la *Ricerca Scientifica* anuncia los primeros resultados del bombardeo sistemático de los elementos químicos sucesivos en orden creciente de número atómico; en meses sucesivos (abril y mayo) el grupo publica en rápida sucesión una nutrida serie de nuevos resultados, al punto de permitir el inicio de una clasificación sistemática de las reacciones nucleares producidas por neutrones. Entre tanto se hace evidente una diferencia clara entre los elementos ligeros y los pesados: para

los primeros el producto activo tiene un número Z más pequeño en 1 que el del núcleo original, para los elementos pesados, con excepción del uranio y del torio, el producto activo es siempre un isótopo del núcleo bombardeado.

La importancia de esta investigación encuentra un general reconocimiento en el extranjero, en particular por parte de Lord Rutherford y su grupo del Cavendish Laboratory. En concreto Amaldi y Segrè, comisionados por Fermi, lo visitan en Cambridge en julio de 1934.

En aquel momento no estaba todavía claro si la reacción que producían los isótopos del núcleo bombardeado eran del tipo (n, \textit{gamma}) o del tipo $(n, 2n)$. Diversas consideraciones y diversos resultados experimentales hacen que el grupo de Fermi se incline por la primera hipótesis, aunque ello demostraba que el modelo «partícula-simple» del núcleo era inadecuado.

La segunda fase de la investigación del grupo de Fermi se inicia en septiembre de 1934 y lleva casi inmediatamente al descubrimiento de la fuerte influencia sobre los procesos (n, \textit{gamma}) de la sustancia hidrogenada puesta en torno al manantial. Fermi reconoce que el efecto se debe a la ralentización de los neutrones resultado de las colisiones elásticas con los protones presentes en el medio y al aumento de la sección eficaz (n, \textit{gamma}) al disminuir la energía de los neutrones.

En 1935 la investigación prosigue en el plano teórico y en el plano experimental; en particular analizando el problema de la absorción selectiva de los neutrones lentos, que lleva en el invierno 1935-36 a la aclaración de múltiples aspectos de los procesos de captura radiactiva. Justo entonces, en febrero de 1936, aparecen los fundamentales trabajos teóricos de Bohr y de Breit y Wigner.

Sin embargo, lo más trascendente de aquella investigación para la historia de la Física había ocurrido casi al comienzo de la misma, ya en la primavera de 1934, ni más ni menos que la *realización* de la primera fisión nuclear... ¡Y lo más extraordinario es que el grupo de Fermi *no supo verla*, no supo interpretarla!

En efecto, en mayo de 1934 Fermi estaba irradiando Torio y Uranio, pero con el bombardeo de Uranio se pusieron de manifiesto algunos efectos, algunas actividades inesperadas, que dieron lugar a ciertas dificultades a la hora de identificar los núcleos producidos. Pero a pesar de ello Fermi y su grupo ofrecieron su interpretación habitual, y como el Uranio era el último de los elementos conocidos, con el número de orden $Z = 92$, concluyeron que el Uranio había dado lugar a la formación de un *vecino* desconocido, un elemento hasta entonces no observado en la naturaleza, con un número de orden superior a 92, un así llamado *trasuránico*, y así lo publicaron.

Tan sólo Ida Noddack criticó esta interpretación⁴, sugiriendo que los núcleos de elementos pesados bombardeados por neutrones podían romper en varias piezas más grandes (más grandes que las partículas *alfa* o protones), formando isótopos de elementos conocidos, pero *no* vecinos de los irradiados.

⁴ I. NODDACK, Über das Element $Z=93$, *Angewandte Chemie*, 47, 1934, 653-655, September 10, 1934.

Pero su sugerencia parecía más bien una especulación dirigida a mostrar la falta de rigor del argumento de Fermi sobre la formación del elemento 93, que una verdadera explicación seria de las observaciones. Por otro lado, Hahn y Meitner confirmaron por entonces las conclusiones de Fermi, con lo cual el grupo de Roma abandonó «el puzzle del Uranio» y se concentró sobre todo en el estudio de la absorción de neutrones lentos, desechando, sin apenas considerarla, la interpretación de Noddack, de lo que Amaldi se arrepentiría toda su vida:

«Me parece recordar algunas discusiones entre los miembros de nuestro grupo, incluido Fermi, en las cuales las ideas de Ida Noddack fueron rápidamente desechadas porque significaban un tipo completamente nuevo de reacción: la fisión. Enrico Fermi, y todos nosotros en su escuela lo seguíamos, siempre había sido muy reticente de invocar un nuevo fenómeno a poco de ser observado: ¡los fenómenos nuevos tenían que probarse! Como posteriores desarrollos han demostrado, hubiese sido una actitud mucho más fructífera intentar contrastar la sugerencia de Noddack y eventualmente desmentirla. Pero Fermi y todos nosotros fuimos, en aquella ocasión, demasiado conservadores: una explicación de «el caso del uranio» en términos de lo que había sido encontrado para todos los valores de Z más bajos era mucho más simple y por ello fue preferida. Dos razones o, quizás, dos últimas excusas... Noddack nunca intentó, sola o con su marido, llevar a cabo experimentos con uranio irradiado, lo que ciertamente podía haber hecho. Más aún, en aquellos años los Noddack habían caído en cierto descrédito por decir que había descubierto el elemento $Z=43$, al que llamaban “masurium”.» (Battimeli and Paoloni eds. 1998: vi)

Sin embargo O. Hahn no debió quedar muy satisfecho con su propia interpretación del bombardeo de Uranio, y emprendió junto con F. Strassmann durante años un minucioso análisis radio-químico de los productos de desecho, lo que le llevó en diciembre de 1938 a informar que, contradiciendo todas las anteriores experiencias de la Física nuclear,

«... nuestros isótopos del radio tienen las características químicas del Bario. Hablando como químicos, incluso tenemos que decir que estas nuevas sustancias son Bario ($Z=56$), no radio.» (Amaldi 1984: 27)⁵

¡La fisión nuclear había sido descubierta!⁶

⁵ Pero lo más emocionante eran los cálculos (que Fermi y sus *lads* por entonces no podían hacer) de la inmensa energía liberada en semejante fisión. Utilizando como base la energía producida en las reacciones químicas normales, la fisión del átomo producía ¡200 millones de veces más!

Además, en contra de lo que se pensaba, cuando en la primavera de 1940 Frisch y Peierls calcularon por vez primera, para el Uranio 235, la *masa crítica* capaz de inducir una reacción en cadena, se halló, para asombro general (véase nota 7), ¡que solo se necesitaban 500 gramos!

Así pues, después de todo, una bomba atómica era físicamente posible, ¡al menos en teoría!

⁶ (Cfr. AMALDI 1984). Agradezco a François Albert Kazadi (Doctor en Ciencias Físicas por la USC) su ayuda para la interpretación de las cuestiones propiamente físicas aquí tratadas.

Esta es la investigación que Majorana no hizo. Pero al mismo tiempo, durante todos aquellos años, encerrado en su casa, ¿qué es lo que sí hizo?, ¿qué es lo que sí *quiso* hacer?

Pues precisamente lo que sí hizo fue escribir el artículo que nos ocupa (Majorana 1942), en el que Majorana se refiere a *dos* fenómenos físicos, cuyo comportamiento estadístico le recuerda al de algunos fenómenos sociales, y que le sirven para reflexionar sobre el determinismo *en los hechos humanos*:

En el primero nos muestra como el estado macroscópico de un gas esconde muchas posibles configuraciones internas en la disposición espacial instantánea de las moléculas que lo componen, disposición que, por dificultades prácticas de observación, no podemos exactamente conocer en un determinado momento. Lo que sí podemos calcular es el número de esas configuraciones posibles, y aquellas que son de más alta probabilidad, desde el punto de vista energético (que se corresponden con el estado macroscópico de mayor entropía). Y esto nos permite prever, con absoluta seguridad (salvo para un número insignificante de excepciones), la evolución macroscópica del sistema en un tiempo t .

Aquí, a nivel macroscópico, no hay indeterminación (o la hay insignificante), pero lo que sí hay, a nivel microscópico, es una incapacidad práctica de observación.

El segundo, es el fenómeno de la radiación natural de un solo átomo concreto. Acontece improvisadamente, aisladamente, no se hace nada para iniciarla, y nada puede hacerse para detenerla, no podemos decir si va a ocurrir o no. Lo que sí podemos, si tenemos una masa adecuada de un determinado elemento químico simple, es calcular estadísticamente cuanto va a tardar la mitad de dicha masa en transmutarse por radiación natural. Sabemos que un número determinado de átomos van a emitir una partícula alfa o una partícula beta espontáneamente, transmutándose en otro elemento, pero no cual átomo en particular lo va a hacer.

Aquí hay genuina indeterminación del comportamiento del átomo aislado (no se debe a dificultades prácticas de observación), aunque no del comportamiento estadístico de la masa que forma con todos los demás.

Esta impredecibilidad del comportamiento individual y, en cambio, la seguridad matemática en la predicción del comportamiento colectivo, pudiera en los años 30' quizás escandalizar a los físicos atómicos que por vez primera se topaban con ella, pero para los sociólogos esta experiencia es el pan nuestro de cada día, nos ha acompañado desde el comienzo mismo de nuestra ciencia. Tal vez por eso Majorana empezó a interesarse por la Sociología.

Por que en efecto, *viniendo a los fenómenos sociales*, respecto a lo primero, dada, por ejemplo, la regularidad estadística en el número de accidentes de tráfico a nivel nacional en determinadas fechas a lo largo de los años, el sociólogo podría predecir con suficiente aproximación (con error tal vez insignificante) el número total de accidentes de tráfico que va a haber el próximo Puente del Pilar (donde se suelen producir cada año 10.000.000 de desplazamientos). Desde luego que nos ayudaría mucho a precisar ese número conocer por ejemplo los desplazamientos obligados o de ocio que acostumbran a

realizar cada uno de los usuarios de la red vial en esas fechas, lo cual es relativamente imposible por motivos prácticos. Este ejemplo nos recuerda al del gas (cuya evolución macroscópica, puede llegar a estar con mucha seguridad determinada).

Pero esa predicción, nada nos dice de sí Perico de los Palotes, en concreto, va a tener o no un accidente ese día del Pilar, y cuándo (a qué hora), y dónde, y cómo, y porqué. Este ejemplo nos recuerda a la imposibilidad de predicción de la radiación natural de un átomo concreto: aquí hay (y siempre habrá) genuina indeterminación.

Así pues, en su artículo, Majorana, ataca ahora de frente, y lo hace con su proverbial ingenio y *directness*, que ya había demostrado en la Física, el problema a nuestro entender anterior y primero de *toda* Sociología, a saber: el problema de la determinación de los hechos humanos, de si son *o no son* susceptibles de predecirse matemáticamente. (De ahí la referencia que hace en su artículo a un capítulo de una obra de G. Sorel).

Y parece inclinarse porque, colectivamente, son susceptibles de predecirse por el cálculo de probabilidades (que dependerá, lógicamente, de las particulares condiciones que establece su cambiante contenido social), pero al tiempo niega (a la Sociología *como tal*) toda posibilidad de previsión del comportamiento de un individuo aislado en concreto.

Segunda desaparición

Pero dejemos para la tercera parte de Textos Clásicos el juicio crítico que como sociólogos pueda merecernos esta concepción del comportamiento estadístico de nuestro objeto, en particular en lo que podría verse afectada (esa concepción) por la evidente capacidad de reflexionar lingüísticamente sobre su propia actividad y la de los demás que tienen los individuos humanos, *capacidad lingüística* que de ningún modo presentan las moléculas o los átomos.

Pues aquí estamos por lo de ahora en otra cosa: tan sólo intentando una biografía intelectual de Majorana, intentando comprender la concepción que Majorana tenía y había adquirido de la vida social, y particularmente *conjeturando* (esperemos que razonablemente) los efectos que tal concepción podría tener a la hora de enfocar su propia vida profesional, que por fuerza tenía que desarrollar en la sociedad histórica en la que le tocó vivir, sin necesidad de entrar a juzgar todavía si esa concepción sociológica nos parece correcta o errónea.

En aquellos años, encerrado en su casa, Majorana se ha convertido *en uno de los nuestros*, ya no es sólo un físico, también es un sociólogo, o al menos ha ido madurando y perfeccionando una mirada genuinamente sociológica,... autodidacta, a su manera si se quiere, pero sociológica...

Cuando reflexiona sobre el comportamiento colectivo en «una sociedad moderna del tipo europeo» (Majorana 1942: 63), extrapola lógicamente, como no podía dejar de hacer, la cultura científica en la que se ha formado,

que es la de la Física más avanzada de su época, y viene a concluir que ese comportamiento, *en tanto que colectivo*, es susceptible de predicción matemática —a la manera probabilística, tal y como «la mecánica cuántica nos ha enseñado a ver» (Majorana 1942: 66).

Clama entonces por una Sociología genuinamente matemática, por incrementar el papel de las leyes estadísticas en las ciencias sociales, que «no es solamente aquel de establecer empíricamente el resultado de un gran número de causas desconocidas, sino sobre todo el de dar un testimonio concreto e inmediato, cuya interpretación requiere un arte especial, no precisamente subsidiario del arte del gobierno.» (Majorana 1942: 66)

Esto nos dice al final de su artículo, el único que ha escrito en los últimos 4 años, para lo que ha tenido que llevar a cabo una ruptura brutal con los límites epistemológicos de la Física, que es al mismo tiempo una ruptura (no menos brutal) con los límites epistemológicos de la Sociología; una *doble* ruptura epistemológica que es lo que le permite afirmar que es posible un conocimiento técnico (*matemáticamente definido*) de la sociedad humana, y que su gobierno debe partir de ese conocimiento. (*No que deba reducirse a eso*)⁷.

A la sola luz de ese artículo, podemos suponer (y no arriesgamos mucho en ello) que Majorana, desde el punto de vista de las opiniones políticas, y después de estar encerrado en casa durante cuatro años, mira con igual desinterés y extrañeza a todos los actores políticos *que mandan* en su época: el voluntarismo nazi (que conoció en Alemania de primera mano, y que ya en 1936 estaba interviniendo en la horrible guerra de España) *ahora* le tiene que parecer patético; el capitalismo de estado leninista, una tosca violentación de la espontaneidad social; el *laissez-faire* anglosajón (si tal cosa existe), una política del avestruz, inoperante, convenienzuda, insuficiente, a la postre irresponsable.

Pero para los físicos atómicos, como para todo el mundo, estaba llegando el momento de la elección política, más o menos voluntaria, más o menos forzosa. Estaba llegando para todo el mundo, pero especialmente para los físicos atómicos que habían destacado en los años 30', cuyo trabajo, la manipulación de átomos, si había guerra (y guerra ya la había), se convertiría a no dudar en una *cuestión de Estado* (como de hecho se convirtió). Por eso algunos físicos, como Heisenberg, optaron por permanecer en Alemania; otros, como Kapitza, fueron retenidos en Rusia; y otros, en fin, como Einstein o Fermi, emigraron a América, y fabricaron (directa o indirectamente) la bomba⁸.

⁷ Por eso los amigos de Majorana, tan buenos apreciadores en general del mérito de sus artículos físicos, se equivocaron en cambio al pensar que este que estamos comentando (que hace el número 10 y último de los suyos), se trataba *meramente* de un trabajo de *divulgación*. Y es natural que se equivocaran, porque si bien eso es cierto desde el punto de vista de la Física, *no lo es* desde el punto de vista de la Sociología. Su juicio sobre Majorana fue, por eso mismo, necesariamente incompleto, insuficiente, y tal vez erróneo.

Por lo demás, sólo el tiempo dirá si (como nosotros creemos), este artículo de Majorana es *de algún modo* una aportación necesaria para la Sociología.

⁸ En su carta a Roosevelt del 2 de agosto de 1939, Einstein advertía: «In the course of the last four months it had been made probable —through the work of Joliot in France as well as

¿Y Majorana? ¿qué hará Majorana? ¿qué decidirá el joven *siciliano*? En realidad ya hace tiempo que ha decidido, hace tiempo que vive recluso, *desaparecido* (para la Física y para la sociedad), encerrado en su casa, solitario, dedicado a sus estudios y aficiones, retirado de la vida académica, desde que volvió de Alemania hace años sin hacer nada, sin publicar nada, ajeno al Instituto de la Via Panisperna, viviendo privadamente, una vida organizada, que ni siquiera la guerra (en caso de que estalle) podría llegar a alterar o interrumpir, no seriamente.

Pero he aquí que a mediados de 1937 se convocan varias cátedras de Física en Italia, impulsadas por el reconocimiento internacional de Fermi. Sus amigos del Instituto de Física lo presionan para que se presente, pero Majorana duda. Sin embargo lo convencen de que publique un artículo que tiene guardado en el cajón desde hace 5 años, un artículo que escribió en 1932 y en el que matiza las conocidas tesis de Paul Dirac sobre antipartículas, y que sigue siendo (todavía hoy) de referencia. Finalmente, sin consultar ni decir nada a nadie, se decide y firma la cátedra de Palermo.

Pero esto hace intervenir al senador Gentile, alarmado por la formidable competencia que representa Majorana para su hijo, Giovanni Gentile jr. Para evitar esa competencia, el senador Gentile consigue que Mussolini nombre a Majorana catedrático de Física Teórica de la Universidad de Nápoles, en noviembre de 1937... ¡y por méritos extraordinarios! ¡sin ni siquiera pasar examen!

Vemos entonces como Majorana se incorpora a su cátedra el 13 de enero de 1938, y que desempeña puntualmente su cargo, llevando una vida por completo normal, al menos en apariencia. Pero el 25 de marzo de ese mismo año remite desde Palermo una carta al director del Instituto de Física de Nápoles donde trabaja, Antonio Carrelli, en la que le dice que «ha tomado una decisión después de todo inevitable», que deja las clases, y que recordará con afecto a los profesores y estudiantes del Instituto, «al menos hasta las once de la noche de hoy, y posiblemente incluso más tarde»... Y al día siguiente, 26 de marzo, Majorana le pone un telegrama, pidiéndole que no haga caso de la carta, y todavía otra carta (¿enviada al mismo tiempo que el telegrama?), donde comunica a Carrelli que «el mar me ha rechazado», pero que no quiere ya volver a las clases...⁹

Fermi and Szilard in America— that it may become possible to set up a nuclear chain reaction in a large mass of uranium, by which vast amounts of power and large quantities of new radium-like elements would be generated. Now it appears almost certain that this could be achieved in the immediate future.

This new phenomenon would also lead to the construction of bombs, and it is conceivable—though much less certain—that extremely powerful bombs of a new type may thus be constructed. A single bomb of this type, carried by boat and exploded in a port, might very well destroy the whole port together with some of the surrounding territory. However, such bombs might very well prove to be too heavy for transportation by air.»
<http://hypertextbook.com/eworld/einstein.shtml>

Recuérdese al respecto la nota número 4, y el repentino interés de Majorana (¡ya en 1934!) por conocer las flotas de varios países y las características de construcción de los barcos.

⁹ Cfr. LALUMIA (1993).

La policía, movilizada por sus familiares y amigos, encuentra un testigo que cree haberlo visto la noche del 26 de marzo en el barco correo Palermo-Nápoles, pero no está seguro... Y eso es todo, pues lo cierto es que nunca más se supo de él, que nadie lo volvió a ver, que nadie sabe si se mató, o si se encerró en un convento, o si se marchó a La Argentina, que de todo eso fue dejando indicios,... o señuelos¹⁰.

Unos días más tarde su consternada madre encontraba en el cajón de su mesa de trabajo este artículo que ahora presentamos, por vez primera traducido al castellano.

BIBLIOGRAFÍA REFERIDA

- AMALDI, E. (1966): *Ettore Majorana, man and scientist* (pp. 29-95) en BATTIMELI, G. and PAOLONI, G. (1998).
- AMALDI, E. (1984): *Neutron work in Rome in 1934-36 and the discovery of uranium fission* (pp. 5-29) en BATTIMELI, G. and PAOLONI, G. (1998).
- BATTIMELI, G. and PAOLONI, G., Eds. (1998): *20th Century Physics: Essays and Recollections. A Selection of Historical Writings by Edoardo Amaldi*, New Jersey: World Scientific Publishing.
- FINZI, R. (2003): *Ettore Majorana. Un'indagine storica*, Roma: Ed. Storia e Letteratura.
- LALUMIA, J. (1993): *Ettore Majorana and the atomic bomb*, Chapel Hill (North Carolina): Professional Press.
- MAJORANA, E. (1942): «Il valore delle leggi statistiche nella fisica e nelle scienze sociali», *Scientia*, febrero (pp. 58-66). Milán.
- RECAMI, E. Ed. (1987): *Il caso Majorana con l'epistolario, documenti e testimonianze*, Milano: Mondadori.
- SCIASCIA, L. (1978): *La desaparición de Majorana*, Barcelona: Moguer.
- SOREL, G. (1921): *De l'utilité du pragmatisme* (cap. IV), Paris: Librairie des Sciences Politiques et Sociales.

¹⁰ Los biógrafos de Majorana han reparado en que las circunstancias en las que se produjo su desaparición recuerdan al *principio de incertidumbre* que tanto impresionó a los físicos de su época (y de la nuestra). Claro que aplicado aquí, no a hechos físicos, sino humanos, una posibilidad en la que *tan sólo* Majorana había reflexionado...

Pocos años después de su desaparición, discutiendo el tema con amigos comunes, Fermi observó que «con su inteligencia, una vez que había decidido desaparecer o hacer su cuerpo desaparecer, Majorana ciertamente habría tenido éxito» (AMALDI 1966: 85-6).

En cualquier caso, el lector interesado puede encontrar diferentes interpretaciones de la vida y obra y desaparición de Majorana, por ejemplo en los libros de AMALDI (1966), SCIASCIA (1978), RECAMI Ed. (1987), LALUMIA (1993), FINZI (2003), y en las numerosas páginas de Internet que tiene dedicadas.

EL VALOR DE LAS LEYES ESTADÍSTICAS EN LA FÍSICA Y EN LAS CIENCIAS SOCIALES

Ettore Majorana*

La concepción determinista de la naturaleza tiene en sí misma un motivo real de debilidad en la irremediable contradicción que encuentra en los datos más evidentes de nuestra conciencia. G. Sorel intentó componer esta disfunción distinguiendo entre naturaleza artificial y naturaleza natural (esta última acausal), pero negó así la unidad de la ciencia. Por otra parte, la analogía formal entre las leyes estadísticas de la física y aquellas de las ciencias sociales, acreditó la opinión de que también los hechos humanos estuviesen sometidos a un rígido determinismo. Es importante, entonces, que los principios de la mecánica cuántica hallan llevado a reconocer (además de una cierta ausencia de objetividad en la descripción de los fenómenos) el carácter estadístico de las leyes últimas de los procesos elementales. Esta conclusión ha transformado en sustancial la analogía entre la física y las ciencias sociales, entre las cuales ha resultado una identidad de valor y de método.

El estudio de las relaciones, ciertas o supuestas, que atraviesa la física con las otras ciencias, siempre ha revestido un notable interés en razón de la influencia especial que la física ha ejercido en los tiempos modernos sobre la dirección general del pensamiento científico. Es sabido que las leyes de la mecánica, en particular, han aparecido largamente como el tipo insuperable de nuestros conocimientos de la naturaleza, y aún se ha creído por muchos que a tal tipo, en última instancia, se hubieran debido reconducir también las nociones imperfectas dadas por las otras ciencias. Valga esto como justificación del estudio que emprendemos.

* Este artículo de Ettore Majorana —el insigne físico teórico de la Universidad de Nápoles, desaparecido sin dejar huella el 25 de marzo de 1938— fue escrito en principio para una revista de Sociología. Pero no fue publicado, quizás por aquella fuerte reticencia que tenía el autor para abrirse con los demás y que lo persuadía demasiado a menudo a dejar en el cajón trabajos importantes. Este artículo ha sido conservado con amoroso cuidado por su hermano y viene aquí presentado no sólo por el interés del argumento en sí mismo, sino también porque nos muestra un lado de la rica personalidad de Majorana, que tanto atraía a aquellos que lo conocían. Pensador que unía a un agudo sentido realista, un espíritu extremadamente crítico, pero no escéptico, asume aquí una clara posición frente al debatido problema del valor estadístico de las últimas leyes físicas. Esto que a muchos parece un defecto, como una denuncia de indeterminismo en la evolución de la naturaleza, es en cambio para Majorana un motivo para reivindicar la importancia intrínseca del método estadístico, hasta aquí aplicado en su esencia sólo en las Ciencias Sociales y que en la nueva interpretación de las leyes físicas reencuentra enteramente su significado originario.

Giovanni Gentile jr.

(Cursivas de la edición original en italiano. Traducción: Ramón F. Reboiras y C. Allones Pérez).

1. La concepción de la naturaleza según la física clásica

El excepcional crédito de que goza la física deriva evidentemente del descubrimiento de las llamadas leyes exactas, que consisten en fórmulas relativamente simples, que pensadas originalmente sobre la base de indicaciones fragmentarias y aproximativas de la experiencia, se revelan seguidamente de validez universal, sea por que vengan aplicadas a nuevos órdenes de fenómenos, sea por que el progresivo afinamiento del arte experimental los somete a un control cada vez más riguroso. Es de todos conocido que según la concepción fundamental de la mecánica clásica, el movimiento de un cuerpo material está enteramente determinado por las condiciones iniciales (posición y velocidad) en las que el cuerpo se encuentra y por las fuerzas que actúan sobre él. Sobre la naturaleza y medida de las fuerzas que se pueden crear en los sistemas materiales, las leyes generales de la mecánica establecen, naturalmente, alguna limitación o condición que debe ser siempre satisfecha. Tal carácter tiene por ejemplo el principio de la igualdad entre acción y reacción, al cual se han añadido, en época menos remota, otras reglas generales como aquellas relacionadas con los sistemas vinculados (principio de los trabajos virtuales) o las reacciones elásticas, y todavía más recientemente con la interpretación mecánica del calor y también el principio de la conservación de la energía, como principio general de la mecánica. Aparte de tales indicaciones generales es, sin embargo, deber de la física especial el descubrir paso a paso cuanto sucede, para el uso efectivo de los principios de la dinámica, o sea: el conocimiento de todas las fuerzas en juego.

En un caso sin embargo ha sido posible encontrar la expresión general de las fuerzas que nacen entre los cuerpos materiales: en el caso de que estos hayan sido aislados, y actúen entonces sólo en función de la *distancia* recíproca. En este caso, prescindiendo de las fuerzas electromagnéticas descubiertas posteriormente y que se manifiestan sin embargo en particulares condiciones, la única fuerza agente se reduce a la gravitación universal, cuya noción fue sugerida a Newton por el análisis matemático de las leyes de Kepler. La Ley de Newton es aplicable típicamente al estudio de los movimientos de los astros, que, estando separados por inmensos espacios vacíos, pueden influenciarse efectivamente sólo por una acción aparentemente a distancia. Como es bien sabido, tal Ley es realmente suficiente para prever en cada aspecto y con maravillosa exactitud todo el complejo desarrollo de nuestro sistema planetario. Una sola mínima excepción en relación con el movimiento secular que sufre el perihelio de Mercurio, constituye una de las mayores pruebas experimentales de la reciente teoría de la relatividad general.

El éxito sensacional de la mecánica aplicada a la astronomía ha puesto de relieve naturalmente la suposición de que también los fenómenos más complicados de la experiencia común deben finalmente conducirse a un mecanismo semejante, y sólo a veces más general que las leyes de Gravitación. Según tal modo de ver, que ha dado lugar a la concepción mecanicista de la naturaleza, todo el universo material se desarrolla obedeciendo a una ley inflexible, de modo que su estado en un cierto instante está enteramente determinado por

el estado en el que se encontraba en el instante precedente, señal de que todo el futuro está implícito en el presente, en el sentido de que puede ser previsto con absoluta certeza si el estado actual del universo es enteramente conocido. Tal concepto plenamente determinista de la naturaleza ha tenido seguidamente numerosas confirmaciones; los desarrollos ulteriores de la física, desde el descubrimiento de las leyes del electromagnetismo hasta la teoría de la relatividad, han sugerido de hecho un alargamiento progresivo de los principios de la mecánica clásica, pero por otra parte han confirmado vigorosamente la cuestión esencial, esto es: la completa causalidad física. No es cuestionable que se deba al determinismo el mérito principal y casi exclusivo de haber hecho posible el grandioso desarrollo moderno de la ciencia aún en campos lejanísimos de la física. No obstante, el determinismo, que no deja ningún sitio a la libertad humana y obliga a considerar como ilusorios en su finalidad aparente todos los fenómenos de la vida, presenta una causa de debilidad real: la contradicción inmediata e irremediable con los datos más evidentes de nuestra conciencia. Diremos más adelante como es que su efectiva y al parecer definitiva superación ha tenido lugar justamente en la física de los últimos años; sigue siendo nuestro objetivo último ilustrar la renovación que el concepto tradicional de las leyes estadísticas debe sufrir como consecuencia de la nueva dirección seguida por la física contemporánea. Pero por el momento queremos todavía atenernos a la concepción clásica de la física, no sólo por su enorme interés histórico, sino también porque ésta es todavía la más conocida fuera del círculo de los especialistas.

Antes de cerrar esta parte de introducción, creemos oportuno recordar que las críticas al determinismo se han multiplicado sobre todo en tiempos bastante cercanos a nosotros. La reacción filosófica cuando ha sido adecuada no ha salido de su campo, dejando sustancialmente intacto, aunque circunscrito en su importancia, el problema propiamente científico. Un intento de resolver este último lo encontramos en cambio en G. Sorel (Sorel 1921), que representa la corriente pragmatista o pluralista. Según los partidarios de este movimiento, una efectiva heterogeneidad de los fenómenos naturales excluye que se pueda tener de ellos un conocimiento unitario. Cada principio científico sería entonces aplicable a un determinado ámbito de fenómenos, sin poder nunca aspirar a una validez universal. Sorel desarrolla en modo particular la crítica del determinismo afirmando que este atendería solamente los fenómenos que él llama de la *naturaleza artificial*, caracterizados por el hecho de que no están acompañados por una apreciable *degradación* de energía (en el sentido del segundo principio de la termodinámica). Tales fenómenos tienen lugar de vez en cuando en la naturaleza, a menudo en el campo astronómico, y constituyen entonces materia de observación simple; pero más frecuentemente vienen provocados en los laboratorios por los experimentadores, los cuales ponen una particular atención en eliminar resistencias pasivas. Los otros fenómenos, aquellos de la experiencia común o de la *naturaleza natural*, en los cuales entran en juego las resistencias pasivas, no estarían dominados por leyes definidas, sino que dependerían, en mayor o menor medida, de cada caso. Sorel se refiere explícitamente a un principio metafísico de

G. B. Vico. No queremos aquí discutir la importancia arbitrariamente dada a un aspecto particular de la ciencia, tal como se presentaba en una época que ya no es la nuestra; debemos en cambio resaltar que el principio pragmatista de juzgar las doctrinas científicas en función de su utilidad real, no justifica de ningún modo la pretensión de condenar el ideal de la unidad de la ciencia, que se ha revelado como el estímulo más eficaz para el progreso de las ideas.

2. El significado clásico de las leyes estadísticas y las estadísticas sociales

Para entender bien el significado de las leyes estadísticas según la mecánica, es necesario referirse a una hipótesis sobre la estructura de la materia, que aunque ya familiar a los antiguos, ingresó de hecho en el dominio de la ciencia a finales del siglo XIX y por obra de Dalton. Este fue el primero que reconoció en tal hipótesis la explicación natural de las leyes generales de la química, desde hacía poco puestas en evidencia. Según la moderna teoría atómica, que ha sido definitivamente confirmada con los métodos propios de la física, existen en la naturaleza tantas especies de partículas elementales e indivisibles, o *átomos*, cuantos son los cuerpos químicos simples; de la unión de dos o más átomos de igual o de diversa especie, incluso de átomos aislados, resultan las *moléculas*, las cuales son las últimas partículas capaces de una existencia independiente en la que se puede subdividir una sustancia químicamente definida. Las moléculas, e incluso también los átomos en el interior de las moléculas, lejos de ocupar una posición fija, están animadas por un rapidísimo movimiento de traslación y rotación sobre sí mismas. La estructura molecular de los cuerpos gaseosos es particularmente simple. En realidad, en los gases en condiciones ordinarias, las moléculas pueden considerarse particularmente independientes y a distancias recíprocas, considerables en relación a sus reducidísimas dimensiones; por el principio de inercia se sigue que su modo de traslación es rectilíneo y uniforme, sufriendo modificaciones casi instantáneas en la dirección y en la medida de la velocidad solo en ocasión de «impulsos» recíprocos. Si suponemos conocer exactamente las leyes que regulan la influencia mutua de las moléculas, debemos pensar, según los principios generales de la mecánica, que basta *además* conocer la disposición de todas las moléculas y sus velocidades de traslación y de rotación en el instante inicial, para poder prever *in principio* (aún en mitad de cálculos demasiado complejos para ser prácticamente realizados) cuales serán las exactas condiciones del sistema después de un cierto tiempo. El uso del esquema determinista propio de la mecánica padece sin embargo una limitación real de principio cuando tenemos en cuenta que los métodos *ordinarios* de observación no son capaces de hacernos conocer exactamente las condiciones instantáneas del sistema, sino que nos dan solamente cierto número de informaciones globales. Dado por ejemplo el sistema físico resultante de una cierta cantidad de un determinado gas, basta conocer su presión y su densidad para que resulten determinadas todas aquellas otras magnitudes, como temperatura, coeficiente de viscosidad,

etc., que podrían ser objeto de medidas particulares. En otros términos, el valor de la presión y la densidad bastan en este caso para determinar enteramente el estado del sistema *desde el punto de vista macroscópico*, pero no son evidentemente suficientes para establecer en cada instante su exacta estructura interna, o sea, la distribución de las posiciones y velocidades de todas las partículas.

Para exponer con claridad y brevedad y sin ningún artificio matemático, la naturaleza de la relación que hay entre el *estado macroscópico* (A) y el estado real (a) de un sistema, y para extraer de ello algunas deducciones, debemos sacrificar la precisión pero evitando alterar en modo esencial la verdadera sustancia de los hechos. Debemos entonces entender que al estado aparente o macroscópico A corresponda un gran número de posibilidades efectivas a, a', a''... entre las cuales nuestras observaciones no nos permiten distinguir. El número (N) de estas posibilidades internas, según las concepciones propiamente clásicas, sería naturalmente infinito, pero la teoría cuántica ha introducido en la descripción de los fenómenos naturales una discontinuidad esencial en virtud de la cual el número N de tales posibilidades en la estructura íntima de un sistema material es realmente *finito*, si bien grandísimo. El valor de N da una medida del grado de indeterminación *escondida* del sistema; es sin embargo preferible en la práctica considerar una magnitud proporcional a su logaritmo:

$$S = K \cdot \log N$$

Siendo K la constante universal de Boltzmann determinada de modo que S coincida con una magnitud fundamental ya conocida por la termodinámica: *la entropía*. La entropía se presenta en realidad como una magnitud física semejante al peso, a la energía, etc etc, sobre todo porque como estas otras magnitudes goza de la propiedad aditiva: o sea, la entropía de un sistema resultante de partes independientes es igual a la suma de las entropías de las partes singulares. Para entenderlo baste observar que el número de posibilidades latentes de un sistema compuesto es evidentemente igual al producto de los número análogos relativos a las partes constituyentes, y tener por otra parte presente la conocida regla elemental que establece la correspondencia entre el producto de dos o más números y la suma de sus respectivos logaritmos.

Sobre el modo de determinar el conjunto de configuraciones internas a, a', a'', ... que corresponde al estado macroscópico A, no surgen en general dificultades. Se puede en cambio discutir si todas las posibilidades singulares a, a', a'', ... se deban analizar o no como igualmente probables. Ahora bien, según la hipótesis ergódica o casi ergódica que se tiene razón en creer generalmente verificada, si un sistema persiste *indefinidamente* en un estado A, entonces se puede afirmar que este transcurre una fracción igual de su tiempo en cada una de las configuraciones a, a', a'', ... por lo que somos llevados a considerar efectivamente como igualmente probables todas las posibles determinaciones internas. Es ésta en realidad una nueva hipótesis, ya que el

universo lejos de permanecer indefinidamente en el mismo estado está sujeto a continuas transformaciones. Admitiremos entonces como hipótesis de trabajo extremadamente plausible, pero cuyas consecuencias lejanas podrían incluso no ser verificadas, que todos los posibles estados internos de un sistema en condiciones físicas determinadas sean a priori igualmente probables. Resulta así enteramente definido el *conjunto estadístico* asociado a cada estado macroscópico A.

El problema general de la mecánica estadística puede resumirse así: estando estadísticamente definido, como se ha dicho, el estado inicial A del sistema, ¿cuáles son las posibles previsiones en relación a su estado en el tiempo t ? Puede parecer a primera vista que esta definición sea demasiado estricta, ya que además del problema propiamente dinámico se pueden considerar otros de carácter *estático*; por ejemplo, ¿cuál es la temperatura de un gas del cual se conocen la presión y la densidad? Y así en todos los casos que se quiera de algunas características de un sistema suficientes para definir su estado y para deducir otras que pudieran interesar. La distinción se puede por otra parte ignorar formalmente, incorporando en el sistema instrumentos de medida adecuados, que pueden siempre reconducirnos al caso precedente.

Supongamos entonces que el estado inicial del sistema en examen resulte de un conjunto estadístico

$$A = (a, a', a'', \dots)$$

de casos posibles y, por todo lo dicho, igualmente probables. Cada una de estas determinaciones completas se modifica en el curso del tiempo según una ley que, de acuerdo con los principios generales de la mecánica, debemos todavía considerar rígidamente causal, ya que, después de un cierto tiempo, se pasa de la serie a, a', a'', \dots a otra serie bien determinada

$$(b, b', b'', \dots)$$

El conjunto estadístico b, b', b'', \dots , que está también constituido de N elementos igualmente probables, como el conjunto imaginario A (teorema de Liouville), define todas las posibles previsiones sobre el desarrollo del sistema. En razón que sólo un análisis matemático complejo podría precisar, resulta en general que todos los casos simples que pertenecen a la serie b, b', b'', \dots salvo un número insignificante de excepciones, constituyen *totalmente o en parte* un nuevo conjunto estadístico B, definido como A por un estado *macroscópicamente* bien determinado. Podemos entonces enunciar la *ley estadística* según la cual es prácticamente cierto que el sistema deba pasar de A a B. Por cuanto se ha dicho, el complejo estadístico B es tan amplio como A, o sea contiene un número de elementos no inferiores a N ; se deduce que la entropía de B es igual que la de A o mayor. Durante cualquier transformación que se realice *de acuerdo con las leyes estadísticas* la entropía se mantiene constante o aumenta, nunca disminuye, este es el fundamento estadístico del famoso segundo principio de la Termodinámica.

Es de notar que desde el punto de vista práctico el tránsito de A a B se puede considerar como cierto, lo que explica que históricamente las leyes estadísticas hayan sido consideradas desde un principio tan fatales como las leyes de la mecánica, y que sólo por el progreso de la investigación teórica se haya finalmente reconocido su verdadero carácter. Las leyes estadísticas abarcan gran parte de la física. Entre las aplicaciones más conocidas recordamos: la ecuación del estado de los gases, la teoría de la difusión, la de la conductibilidad térmica, la de la viscosidad, la de la presión osmótica, y de muchas otras parecidas. Un lugar aparte merece la teoría estadística de la radiación, que introduce por vez primera en la física el concepto de *discontinuidad*, simbolizado por la constante de Plank. Pero existe además una rama entera de la física, la *Termodinámica*, cuyos principios, aunque directamente fundados en la experiencia, pueden ser integrados en las nociones generales de la mecánica estadística. Por cuanto hemos hecho hasta ahora se puede resumir del modo siguiente el significado de las leyes estadísticas según la física clásica: 1.º, los fenómenos naturales obedecen a un determinismo absoluto; 2.º, la observación *ordinaria* no permite reconocer exactamente el estado interno de un cuerpo, sino solamente establecer un conjunto innumerable de posibilidades indistinguibles; 3.º, establecidas unas hipótesis plausibles sobre la probabilidad de las diversas posibilidades, y supuestas como válidas las leyes de la mecánica, el cálculo de las probabilidades permite la previsión más o menos cierta de los fenómenos futuros. Podemos ahora examinar la relación que existe entre las leyes establecidas por la mecánica clásica y aquellas regularidades francamente empíricas que son conocidas por el mismo nombre, particularmente en las ciencias sociales.

Es necesario ante todo convencerse de la analogía formal, que no puede ser más estricta. Cuando se enuncia por ejemplo la ley estadística: «en una sociedad moderna del tipo europeo el coeficiente anual de nupcialidad es próximo a 8 por mil habitantes», es bastante claro que el sistema sobre el cual debemos desarrollar nuestras observaciones es definido sólo en base a ciertos caracteres globales, renunciando deliberadamente a examinar todos aquellos datos ulteriores —como por ejemplo la trayectoria biográfica de cada uno de los individuos que componen la sociedad en examen—, cuyo conocimiento sería sin duda útil para prever el fenómeno con mayor seguridad y precisión que cuanto nos consiente la ley estadística genérica. No de otra forma se suele definir el estado de un gas por la presión y por el volumen, renunciando deliberadamente a investigar las condiciones iniciales de todas las moléculas singulares. Una diferencia substancial se podría en cambio pensar que hay entre el carácter matemáticamente definido de las leyes estadísticas de la física y aquel otro claramente empírico de las leyes estadísticas de las ciencias sociales; pero es posible atribuir el empirismo de las estadísticas sociales (esto es: la inconstancia de sus resultados *más allá de la parte relacionada con el caso*) a la complejidad de los fenómenos que estas consideran, no siendo posible definir exactamente las condiciones o el contenido de la ley. Por otra parte también la física conoce leyes empíricas cuando estudia fenómenos de puro interés aplicativo; por ejemplo, las leyes sobre las propiedades magnéticas de distintos tipos de hierros y otras semejantes. En resumen, se podría dar una

importancia especial a la diferencia en los métodos de exploración, que en la física son globales —basta así la lectura de un instrumento de medida para conocer la presión de un gas, aunque esta deriva de la suma de los impulsos independientes que las moléculas singulares transmiten a las paredes, mientras que en las estadísticas sociales se registran habitualmente los hechos individuales; no es sin embargo ni siquiera ésta una antítesis absoluta, como prueba la existencia de variados métodos de exploración indirecta. Admitidas así las razones que hacen creer en la existencia de una analogía real entre las leyes estadísticas físicas y sociales, estamos inducidos a considerar plausible que, así como las primeras suponen lógicamente un rígido determinismo, así también las últimas por su parte dan la prueba directa de que el más absoluto determinismo gobierna también los hechos humanos; argumento que ha tenido tanta mejor suerte cuanto que, como hemos dicho al principio, se había ya manifestado por razones independientes la tendencia a ver en la causalidad de la física clásica un modelo de valor universal. Estaría aquí fuera de lugar retomar discusiones antiguas y nunca concluidas, pero creemos poder recordar como hecho generalmente admitido, que la no conciliación en nuestras contradictorias intuiciones de la naturaleza ha pesado muy largamente sobre el pensamiento moderno y los valores morales. No es entonces simple curiosidad científica el hecho de que en los últimos años la física haya sido obligada a abandonar su dirección tradicional, esto es: el absoluto determinismo de la mecánica clásica, y de manera verosímilmente definitiva.

3. Las nuevas concepciones de la física

Es imposible exponer con alguna amplitud en pocas líneas el esquema matemático y el contenido experimental de la mecánica cuántica (Heisenberg 1930), nos limitaremos por lo tanto a algún esbozo. Existen unos hechos experimentales conocidos desde hace mucho tiempo (fenómenos de interferencia) que nos inclinan irrefutablemente a favor de la teoría ondulatoria de la luz, sin embargo otros hechos descubiertos recientemente (efecto Compton) sugieren de forma contraria y no menos decisivamente la opuesta teoría corpuscular. Todos los intentos de resolver la contradicción en el marco de la física clásica han resultado absolutamente infructuosos, lo que puede parecer poco significativo. Aunque de tales hechos inexplicables y de otros no menos inexplicables y de la más diversa naturaleza, y de *casi todos* los fenómenos conocidos de los físicos y hasta ahora explicados insuficientemente, se ha encontrado, realmente hace muy pocos años, la explicación única maravillosamente simple: aquella contenida en los principios de la mecánica cuántica. Esta extraordinaria teoría está de este modo tan solidamente fundada en la experiencia como quizás ninguna otra lo haya estado; las críticas a las que ha sido y es sometida no sólo no pueden comprometer en modo alguno la legitimidad de su uso para la previsión efectiva de los fenómenos, sino que es opinión compartida por muchos de que la nueva dirección por ella indicada debe conservarse y aún todavía acentuarse en los futuros desarrollos de la física.

Los aspectos característicos de la mecánica cuántica en lo que se diferencian de los de la mecánica clásica son:

- a) no existen en la naturaleza leyes que expresen una sucesión fatal de fenómenos; también las últimas leyes relacionadas con los fenómenos elementales (sistemas atómicos) tienen carácter estadístico, permitiendo establecer solamente la *probabilidad* de que una medición verificada en un sistema preparado de un modo determinado dé un cierto resultado, y esto cualquiera que sean los medios de que disponemos para determinar con la mayor exactitud posible el estado inicial del sistema. Estas leyes estadísticas indican una falta real de determinismo, y no tienen nada en común con las leyes estadísticas clásicas, en las cuales la incertidumbre de los resultados deriva de la renuncia voluntaria por razones prácticas a indagar los aspectos particulares de las condiciones iniciales de los sistemas físicos. Más adelante veremos un ejemplo bien conocido de este nuevo tipo de leyes naturales.
- b) Una cierta falta de *objetividad* en la descripción de los fenómenos. Cualquier experiencia realizada en un sistema atómico impone sobre este una perturbación finita que no puede ser, por razones de principio, eliminada o reducida. Por esto el resultado de cualquier medición parece más bien relacionarse con el estado al cual ha sido trasladado el sistema en el curso de la experiencia misma, que no con aquel desconocido en el que se encontraba antes de ser perturbado. Este aspecto de la mecánica cuántica es sin duda más inquietante, esto es: más lejano de nuestras ordinarias intuiciones, que no la simple falta de determinismo. Entre las leyes probabilísticas de los fenómenos elementales es conocida como la más antigua aquella que regula los procesos radiactivos. Cada átomo de una sustancia radiactiva tiene una probabilidad definida

mdt

de transformarse en el tiempo infinitesimal dt por la emisión o bien de una partícula *alfa* (núcleo de helio) o bien en otros casos de una partícula *beta* (electrón). La *tasa de mortalidad* m es constante, esto es: independiente de la *edad* del átomo, lo que da una forma particular (exponencial) a la *curva de supervivencia*; la vida media vale $1/m$ y se puede determinar de modo elemental análogamente la *vida probable*, también llamada *período de transformación*. Ambas son independientes de la edad del átomo, que por lo demás no manifiesta por ningún otro signo un envejecimiento real con el paso del tiempo. Existen varios métodos para la observación, o también para registrar automáticamente las transformaciones singulares que ocurren en el seno de una sustancia radiactiva, y ha sido entonces posible verificar mediante exploraciones estadísticas directas y aplicaciones del cálculo de probabilidad, que los singulares átomos radiactivos no sufren ninguna influencia recíproca o externa en lo que concierne al instante de transformación.

La mecánica cuántica nos ha enseñado a ver en la Ley exponencial de las transformaciones radiactivas una ley elemental no reducible a un simple mecanismo causal. Naturalmente también las leyes estadísticas conocidas por la mecánica clásica y relativas a los *sistemas complejos* conservan su validez según la mecánica cuántica. Esta modifica por otra parte las reglas para la determinación de las configuraciones internas, y en dos modos diversos según la naturaleza de los sistemas físicos, dando lugar respectivamente a las teorías estadísticas de Bose-Einstein, o de Fermi. Pero la introducción en la física de un nuevo tipo de ley estadística, o simplemente probabilística, que se esconde en lugar del supuesto determinismo bajo las leyes estadísticas ordinarias, obliga a revisar las bases de la analogía que hemos establecido más arriba con las leyes estadísticas sociales. Es indudable que el carácter estadístico de estas últimas deriva al menos en una parte de la manera en que son definidas las condiciones de los fenómenos: manera genérica, esto es: estadística propiamente, capaz de permitir un conjunto innumerable de posibilidades concretas diferentes. Por otra parte si recordamos cuanto más arriba se ha dicho sobre las *tablas de mortalidad* de los átomos radiactivos estamos inducidos a preguntarnos si no existe también aquí una analogía real con los hechos sociales que se describen con un lenguaje semejante.

A primera vista hay algo que parece excluirlo; la desintegración de un átomo es un hecho simple, imprevisible, que sucede improvisadamente y aisladamente después de una espera de miles y hasta de millones de años, mientras nada semejante ocurre en los hechos registrados por las estadísticas sociales. Esta no es sin embargo una objeción insuperable.

La desintegración de un átomo radiactivo puede obligar a un contador automático a registrarlo con un efecto mecánico provisto de una amplificación adecuada. Bastan entonces artificios comunes de laboratorio para preparar de una forma u otra una cadena vistosa y compleja de fenómenos que sea *gobernada* por la desintegración accidental de un solo átomo radiactivo. No existe nada desde el punto de vista estrictamente científico que impida considerar como plausible que en el origen de los acontecimientos humanos pueda encontrarse un hecho vital, igualmente simple, visible e imprevisible. Si esto es así, como nosotros creemos, las leyes estadísticas de las ciencias sociales ven incrementado su papel, que no es solamente aquel de establecer empíricamente el resultado de un gran número de causas desconocidas, sino sobre todo el de dar un testimonio concreto e inmediato, cuya interpretación requiere un arte especial, no precisamente subsidiario del arte del gobierno.

BIBLIOGRAFÍA REFERIDA

- MAJORANA, E. (1942): «Il valore delle leggi statistiche nella fisica e nelle scienze sociali», *Scientia*, febrero (pp. 58-66). Milán.
- SOREL, G. (1921): *De l'utilité du pragmatisme*, Paris.
- HEISENBERG, W. (1930): *Die Physikalischen Principien der Quantentheorie*, Lipsia.

COMENTARIO SOCIOLÓGICO

(Por Carlos Allones Pérez)

«When you cannot measure your knowledge is meagre and unsatisfactory»

Lord Kelvin

La relevancia de este artículo de Majorana para los sociólogos contemporáneos reside, a nuestro entender, en una doble analogía, formal y real, que el autor pretende establecer entre las leyes estadísticas de la Física y las leyes estadísticas de las ciencias sociales.

Una analogía formal, porque las leyes de la mecánica cuántica y de la radioactividad, al reconocer una falta real de determinación en el comportamiento de los fenómenos que estudian, y necesitar acogerse por tanto a procedimientos probabilísticos para su descripción, recordaron a los físicos los comportamientos sociales (como no podía dejar de ser), y el modo estadístico con el que generalmente se describen.

Pero además en particular Majorana pareció sentirse impresionado también por la analogía real que pudiera haber particularmente entre la desintegración de un átomo radioactivo (por un lado), y los trastornos que pudieran estar sufriendo las tasas de mortalidad o nupcialidad en una sociedad moderna «de tipo europeo» (por el otro).

Con esta doble comparación, la Física *lanza un guante* a la Sociología, que ésta no tiene más remedio que recoger. Con sus propios argumentos tiene que pronunciarse sobre si le parece adecuada o no semejante comparación. Pero en seguida nos damos cuenta de que la Sociología no puede, hoy por hoy, como tampoco podía hace 64 años, responder a la Física cabalmente. Existe un escollo tal vez insalvable: las leyes de la Física (aunque sean probabilísticas) se expresan por medio de ecuaciones matemáticas (sino no se las admite), son leyes estadísticas de carácter matemáticamente definido; mientras que la Sociología (hasta donde sepamos) carece de tales ecuaciones, sus estadísticas son meramente empíricas... Y no se deben mezclar churros con merinas.

Si la Sociología por su parte fuera capaz de formular ecuaciones matemáticas útiles para definir su objeto de estudio, el comportamiento humano colectivo, podría entonces comparar sus propias fórmulas con las que maneja la Física, y responderla objetivamente, como se merece.

¿Pero es esto posible? ¿puede someterse la interacción humana a cálculo matemático (desde luego probabilístico)?

En esta pequeño comentario al artículo de Majorana queremos hacer tres cosas: primero, defender que la condición lingüística de la acción social no impide su predicción estadística; segundo, referirnos a un procedimiento por el que ésta predicción quizás pudiera intentarse; y tercero, reconocer la tarea que espera a la Sociología si quiere pronunciarse científicamente sobre esa específica analogía real que Majorana plantea al final de su artículo, entre el comportamiento de un átomo radioactivo y la mortalidad o nupcialidad contemporáneas, y que fue tal vez lo que le llevó a escribirlo.

I. Respecto a lo primero, es cierto que la explicación última de las actividades corporales de los individuos que se entrelazan en una acción conjuntada o social, *no reside propiamente en ellas mismas*, sino en la actividad mental, ideacional, o lingüística que esos individuos al mismo tiempo llevan a cabo. Lo que se ve tiene que explicarse por lo que no puede verse. La comprensión del sentido subjetivo de la acción (Weber 1964) es la parte decisiva en la explicación sociológica. Las relaciones entre los actos de los individuos no obedecen a las leyes de la causalidad física (esas leyes que los físicos han conocido y estudiado), sino que se parecen mucho más a las que mantienen entre sí (por ejemplo) las frases en una conversación.

Pero que las acciones humanas se hagan por medio del lenguaje, no significa que no se presenten con regularidad, no significa que no se repitan en el tiempo (de hecho lo hacen a ojos vista), sino que son posibles precisamente porque se repiten, y precisamente pueden repetirse *gracias* al lenguaje (y no a pesar de él).

Es el lenguaje el que hace posible la acción humana colectiva, pues *gracias* a su uso puede el individuo *pre-ver* en todo momento la respuesta que los demás van a dar a su propia acción, y actuar en consecuencia. Para eso sirve el lenguaje. Para eso fue *inventado* en el curso histórico de la acción colectiva por el grupo que ahora *lo impone* a todos y cada uno de los miembros que se incorporan a él.

Por eso a nosotros sociólogos no debe extrañarnos que los gramáticos hayan detectado *algo* en el ritmo del lenguaje que predetermina en sí mismo el ritmo en la acción. Allí donde y cuandoquiera haya hombres actuando conjuntamente, se presentará ese ritmo y esa regularidad, con independencia de lo que hagan, y por lo tanto de la variación histórica o local que pueda sufrir esa misma actividad. Es cierto que ésta con el tiempo no puede dejar de modificarse, de convertirse eventualmente en otra cosa, pero siempre volverá a alcanzar, volverá *a cuajar* (por mor del lenguaje) *otro* ritmo de actuación en común, otra repetición. Y esa otra repetición, por definición, tendrá asociada *otra* probabilidad, que también podrá (con mayor o menor dificultad, con mejor o peor fortuna) calcularse¹.

Dada esa consustancial *intervención* del lenguaje en nuestro objeto de estudio, los sociólogos no podemos hacer ciencia *a la manera* de los físicos, pero eso no significa que no podamos hacer ciencia *a nuestro modo*, ni que tenga que ser menos exacta que la de ellos (sobre todo ahora que sabemos que la física tampoco era *tan* exacta).

II. Respecto a lo segundo —a señalar un procedimiento que nos permita avanzar cara esa matematización de la Sociología que pretendemos—, mucho nos ayudaría encontrar (para nuestro objeto de estudio) *un principio empírico de validez general*, como el principio de acción y reacción, o de conservación de la energía, u otros que la Física haya venido manejando. De validez general quiere decir aplicable a cualquier actividad en común en cualquier lugar y tiempo. Que sea empírico, o de referencia empírica, quiere decir que los conceptos que lo constituyan hagan referencia a aspectos o partes de la

¹ Véase el artículo seminal de GARCÍA CALVO (1973). Y más extensamente, su continuada explotación en GARCÍA CALVO (1979) y 3 tomos más.

realidad social que sean susceptibles de medida, que siempre puedan encontrarse en ella, y siempre puedan cuantificarse. Todo ello sin prejuicio de que, de acuerdo con el procedimiento obligado de explicación sociológica que ya hemos admitido, la comprensión de la evolución de dichos parámetros resida *siempre* en la parte lingüística, ideacional, cualitativa (no reductible a número) de la acción colectiva.

En este sentido, rebuscando en la literatura, hemos encontrado éste párrafo de Durkheim, que parecería escrito con esa misma intención:

Por otra parte, comprendemos que la reacción penal no sea uniforme en todos los casos, dado que las emociones que la determinan no son siempre las mismas. Son, efectivamente, más o menos vivas según la vivacidad del sentimiento herido y también según la gravedad de la ofensa sufrida. Un estado fuerte reacciona más que un estado débil, y dos estados de igual intensidad reaccionan desigualmente según sean más o menos violentamente contradichos. Esas variaciones necesariamente se producen y, por otra parte, son útiles, pues es deseable que el llamado a las fuerzas esté en relación con la importancia del peligro: demasiado débil sería insuficiente: demasiado violento, una pérdida inútil. Dado que la gravedad del acto criminal varía en función de los mismos factores, *la proporcionalidad que observamos en todas partes entre el crimen y el castigo se establece, entonces, con una espontaneidad mecánica*, sin que sea necesario hacer cálculos sabios para calcularla. Lo que determina la graduación de los crímenes es lo mismo que determina la de las penas; las dos escalas no pueden, por lo tanto, dejar de corresponderse, y esa correspondencia, por ser necesaria, no deja al mismo tiempo de ser útil.

(Durkheim 1973: 90) (Cursivas nuestras).

Tenemos aquí entonces dos *cosas* que pueden ser siempre observables y cuantificables: las acciones del individuo que el grupo considera delictivas, y las acciones punitivas que acto seguido el grupo aplica al individuo. Creemos como el clásico que esos dos tipos de acciones se dan en todas partes, acompañan a toda actividad colectiva, son parte *estructural* de la misma. Creemos con él que existe una *proporcionalidad* entre delitos y penas: y que lo que establece esa proporcionalidad es precisamente la recurrente reflexión colectiva, lingüística, sobre su cálculo —cálculo que por eso mismo no puede ser en exceso sofisticado, sino fácil de entender para cualquier miembro del grupo².

² Decir que existe una proporcionalidad entre delitos y penas, equivale a decir que la relación entre ambos se produce con regularidad. Una regularidad que (en su perduración histórica) presenta la inestimable ventaja objetiva, para nuestros fines, de ser estadísticamente, esto es: numéricamente, *auto-referenciada*.

Los hechos sociales se consolidan como tales, históricamente, precisamente en la medida en que *van alcanzando* estadísticamente esa regularidad en la relación entre los delitos más comunes que se producen en su práctica, y las correspondientes penas que se les aplican.

Depende entonces solamente del *particular* contenido de tales hechos sociales, el que se necesite o no poner por escrito un listado de *tales* delitos y de *tales* penas:

He aquí pues *nuestro* principio de referencia empírica, de validez general, cuya observación y eventual formulación y predicción *probabilística* nos conduce directamente al corazón de los sentimientos y pensamientos grupales, a esos «hábitos mentales y afectivos medios» donde Weber (1964: 11) quería encontrar a lo último la comprensión sociológica a la que aspiramos.

III. Para acabar, digamos algo sobre la analogía *real* que Majorana parece querer establecer (al final de su artículo) entre las tasas de mortalidad o nupcialidad de una sociedad moderna y la desintegración de un átomo radioactivo. Son muchos los sociólogos contemporáneos que se han sentido atraídos por esa comparación, pero nosotros siempre hemos trabajado en la línea de Carlos Moya:

«Desde los años sesenta y primeros setenta, los occidentales estamos viviendo una sísmica explosión colectiva del antiguo régimen patriarcal/nacional fundado sobre el tabú (patriarcal) del incesto. El nuevo régimen de la doméstica privacidad de las relaciones eróticas legítimas y la intimidad familiar posible emerge sobre las fisuras de esta revolucionaria metamorfosis del fundamento nuclear del Orden social occidental. Un nuevo régimen que no significa ya la abolición del viejo, sino su esterefónica metamorfosis emergiendo sobre una notable pluralidad de alternativas “domésticas” y “familiares”, coherentes con las nuevas formas relacionales de amistad, vecindad y alianza propias de los sobreurbanizados y tecnovanzados occidentales.» (Moya 1984: 29)

Muy especialmente sobre esto:

«Los *propios* mecanismos de la reproducción social devienen mecanismos colectivos del cambio social cuando la ambivalente relación entre jóvenes y adultos estalla en cronificado y masivo conflicto intergeneracional.» (Moya 1984: 31) (cursivas nuestras)

No es pequeña desde luego la tarea que nos espera a los sociólogos si queremos pronunciarnos rigurosamente sobre hasta qué punto es válida tal analogía, y cuando deja de serlo. Primero habrá que formular las ecuaciones matemáticas capaces de predecir (en términos probabilísticos) los comporta-

Delitos Penas

Este es el origen sociológico de la ley, de cualquier ley, que para el sociólogo no es otra cosa que mera estadística. Decimos que la regularidad estadística en la aplicación de la relación delito/pena es una característica *universal* de cualquier practica social *institucionalizada*; las burocracias, en razón de su contenido, han tenido que reconocer de plano dicha característica a la hora de elaborar sus reglamentos. Por eso SIMMEL (1965: 53) veía en ellas «una analogía en miniatura, infinitamente simplificada» de la sociedad.

mientos sexuales y de crianza en cualesquiera partes de las sociedades altamente capitalizadas. Sólo *después* estaremos de verdad en condiciones de ver hasta qué punto esas ecuaciones tienen o no una configuración matemática exponencial, semejante a la de las ecuaciones de la desintegración del átomo, *que la Física ya tiene*³.

BIBLIOGRAFÍA REFERIDA

- ALLONES PÉREZ, C. (1999): *Familia y Capitalismo*. Universidad de Santiago de Compostela.
- DURKHEIM, E. (1973): *De la división del trabajo social*. Buenos Aires: Schapire.
- GARCÍA CALVO, A. (1973): La prohibición de los sintagmas del tipo «Nos amo» y «Me amamos», *Revista Española de Lingüística*, III (pp. 39-53). Madrid.
- GARCÍA CALVO, A. (1979): *Del lenguaje I*. Madrid: Lucina.
- MAJORANA, E. (1942): «Il valore delle leggi statistiche nella fisica e nelle scienze sociali», *Scientia*, febrero (pp. 58-66). Milán.
- MOYA, C. (1984): «Identidad colectiva: un programa de investigación científica», *REIS*, núm. 25, Ene/mar (pp. 7-35). Madrid.
- SIMMEL, G. (1965): *Sociología. Estudio sobre las formas de socialización*. Madrid: Revista de Occidente.
- WEBER, M. (1964): *Economía y sociedad*. México: FCE.

³ Por razones obvias, en este pequeño comentario nos hemos limitado a señalar *algunas* dificultades, oportunidades y esperanzas que presenta esta posible orientación de la Sociología, sin poder referirnos a los procedimientos del método que las tiene por relevantes. El lector interesado puede encontrarlos en ALLONES PÉREZ (1999).