

# TRATANDO DE DESCUBRIR LAS LEYES DE LA NATURALEZA

¿ Buscan los hombres de ciencia una recompensa material? ¿ Qué cambios ha habido en los trabajos científicos modernos? ¿ Tiene el hombre de ciencia una responsabilidad para con la sociedad? De todo esto habló E.P. Wigner, Premio Nobel de 1963 y una de las "viejas glorias" que participaron en la velada de charlas sobre el tema "Una vida dedicada a la física" que se celebró con motivo del Simposio de Trieste sobre física contemporánea, que tuvo lugar en junio.

Voy a decirles lo que creo es la motivación fundamental del hombre de ciencia, cómo ha cambiado su vida durante la época en que yo he tratado de ser uno de ellos, lo que el hombre de ciencia puede esperar de la sociedad que le permite consagrar su vida a la física, y lo que debe hacer por esta sociedad.

En primer lugar permítanme citarles algunas de las fuentes donde aprendí mucho sobre el tema de esta charla. Mi primer profesor fue Polanyi, y si tuviera que enumerar todo lo que aprendí de él no me quedaría tiempo para hablar de nada más. También aprendí mucho leyendo la colección "Grandes Hombres" de Wilhelm Ostwald. Este libro es una colección de biografías de científicos eminentes, con observaciones generales que condensan las verdades universales que se inculcaron en el espíritu del autor al estudiar la vida de sus héroes. Mi próximo recuerdo por orden de importancia lo constituyen tres largos y amenos paseos con James Franck por la campiña de Princeton, durante los primeros y ya sombríos días del régimen hitleriano. Precisamente discutimos entonces estas cuestiones de las que voy a hablar hoy. Por último, mencionaré algunas conversaciones recientes con historiadores y filósofos de la ciencia, entre ellos el Dr. Mehra, aquí presente, que me ayudaron mucho a aclarar y puntualizar mis ideas.

## LAS REGLAS DE UN MUNDO COMPLICADO

Según un amigo mío, yo he dicho que no me gustaría marcharme de este mundo sin dejar tras de mí un poco más de orden y de armonía que los que había cuando llegué. No recuerdo cuándo lo dije, pero es verdad que lo pienso. El mundo que nos rodea es complicado y está lleno de acontecimientos imprevisibles, y el alma descansa y se serena cuando encuentra algo ordenado e inmutable. Pero aún hay más. Si seguimos reflexionando sobre nuestras relaciones con el mundo, pronto nos damos cuenta de que si no pudiésemos encontrar reglas en él tampoco podríamos influir sobre los sucesos que se producen alrededor nuestro. Estas reglas son relaciones entre sucesos subsiguientes: por ejemplo, si abro la mano esta goma de borrar que tengo en ella caerá encima de la mesa. Sin estas reglas no podríamos ejercer ninguna influencia sobre los

acontecimientos: yo no podría producir un ruido sordo con la goma ni podría verla rebotar si no supiera que eso es lo que sucederá si la dejo caer. En consecuencia, las reglas hacen la vida posible en el sentido en que entendemos la vida, que para mí es la posibilidad de influir sobre los acontecimientos. Claro está que las reglas que nos interesan a los físicos son mucho más sutiles, pero creo que la base de esta motivación de orden y de este anhelo por descubrirlo es común a todos los seres vivos y está íntimamente entroncada con la esencia de la vida.

El problema consiste por lo tanto en determinar hasta qué punto nos interesa buscar y encontrar las reglas de la naturaleza. ¿Seríamos más felices si la regularidad fuese absoluta y pudiéramos prever todo lo que va a suceder y conocer y comprender todo lo que sucede? Si lo que hemos dicho antes acerca de la motivación del científico es cierto, entonces la respuesta ha de ser negativa. Si el orden fuese completo, si pudiéramos prever todo, entonces nos encontraríamos en una situación en la cual no podríamos ejercer influencia alguna sobre nada, una situación en la cual todo estaría predeterminado y nuestra voluntad y nuestro deseo no podrían manifestarse de ninguna manera. Vistas las cosas desde este ángulo, podemos decir que el mundo actual es el mejor: hay algunas reglas, y nosotros las necesitamos para lo que llamamos vida. Hay también irregularidades, muchas, que son asimismo indispensables para lo que llamamos vida.

## LA EXACTITUD IRRAZONABLE DE LAS LEYES FISICAS

Esta situación queda perfectamente reflejada en el mundo de la física. En él encontramos condiciones iniciales que no acusan ninguna regularidad, y también encontramos leyes de la naturaleza que expresan regularidades cuya precisión es milagrosa. Ahora bien, la distinción que separa al mundo de las regularidades del mundo de lo arbitrario es mucho más clara y precisa de lo que cabía esperar y ésta es quizá la consecuencia más notable de las teorías físicas. El filósofo Charles Peirce ha hablado ya de lo irrazonablemente exactas que son las leyes físicas y hace poco el Dr. Dirac ha vuelto a indicarnos que, en principio, no hay razones ni siquiera indicaciones para pensar que las leyes de la física han de ser tan exactas y, en cierto sentido, tan sencillas como hemos descubierto que son. Por lo tanto, la ciencia, en vez de haber abolido los milagros, ha descubierto y realizado un milagro irresistible que nos tiene a los científicos aterrorizados y cautivados. Más, mucho más a los científicos que a cualquier otra persona.

Nuestro anhelo de orden no se manifiesta únicamente en nuestra lucha por encontrar e identificar las leyes de la naturaleza, o por seguir la sucesión de hechos o de acontecimientos, sino también en nuestro deseo de dar orden a las estructuras que nosotros mismos hemos creado, de dar orden a nuestras teorías y a nuestros conceptos. Las matemáticas no tienen más finalidad que la de encontrar reglas que rijan las relaciones entre conceptos, creados precisamente para este fin. Pero las teorías físicas tienen además una estructura intrincada, y el poder dilucidar esta estructura — por ejemplo, el llegar a reconocer las partes de la teoría que causan y provocan una determinada conclusión — es

para nosotros motivo de gran satisfacción. Cuando Klein y Noether descubrieron que la ley de la conservación de la energía vale para cualquier sistema mecánico que tenga un lagrangiano independiente del tiempo, ambos debieron de experimentar una sensación de bienestar parecida a la que uno siente cuando sale de la bañera. Los que no hemos tenido la suerte de hacer un descubrimiento como el de la carga eléctrica elemental y la existencia de los metales conductores, o el de la ecuación que define y describe adecuadamente esta conductividad, pueden obtener y seguramente han obtenido una satisfacción duradera para toda su vida por el mero hecho de haber aclarado, si no la estructura de los acontecimientos, por lo menos la estructura de las teorías que son una condensación de las reglas que se manifiestan entre los acontecimientos. El placer que esto le proporciona a uno se parece mucho al placer que tienen los matemáticos. Es un verdadero placer, créanme ustedes.

## CONSECUENCIAS DE LA LABOR DE LOS CIENTIFICOS

He dicho que la labor del hombre de ciencia no satisface su deseo de ejercer influencia en el mundo que le rodea sino que representa una sublimación, un ideal de su deseo, lo cual no es óbice para que, con una frecuencia que sorprende, el científico llegue a ejercer influencia sobre el mundo que le rodea. Sin la ciencia moderna no tendríamos radios, ni televisión, ni automóviles para que los estudiantes puedan levantar barricadas, ni cohetes antibalísticos. Todas éstas son consecuencias claras y evidentes de la labor del hombre de ciencia. Sin embargo, me aferro a lo dicho porque estos efectos son las consecuencias de la labor de los científicos y no los motivos de ella. Así por ejemplo, algunos de nuestros colegas se sienten defraudados cuando se enteran de que los resultados y conclusiones que han obtenido se utilizan para fabricar un nuevo producto químico o un nuevo aparato. Tienen la impresión de que sus deseos sublimados se han condensado en cierto modo y lamentan hasta cierto punto que su ciencia pura y sublime haya sido adulterada para provecho de una sociedad que debería estar dispuesta a ayudarles sin confiar en obtener como contrapartida semejantes beneficios. No comparto esta actitud, pero la verdad es que prueba que los verdaderos motivos del científico son la sublimación del deseo instintivo de ejercer influencia sobre los hechos, y no el deseo en sí.

¿Quiere esto decir que en la configuración del hombre de ciencia hay algunos rasgos negativos que hacen más fácil para él el apartarse de los objetivos que persiguen la mayor parte de sus conciudadanos, el negarse a participar en las empresas que impulsan a la mayoría de sus amigos y de sus conocidos?

Me parece a mí, pero no hasta el punto de que pueda decir que estoy seguro de ello, que el deseo del científico de ejercer influencia se sublima en tal medida que el anhelo común y cotidiano de poder e influencia es más pequeño en él que en la mayoría de sus conciudadanos. Hasta hace pocos años, pocos de nosotros habíamos parado mientes en la lamentable y tan extendida sed de influencia y poder. Cuando, hace seis o siete años, empezó a intranquilizarme la frecuencia con que este anhelo se manifestaba, discutí acerca de él con mis colegas y también con algunos amigos que no tenían nada que ver con el mundo

de la física. La mayor parte de mis colegas no sabían de qué estaba hablando, y la mayor parte de mis amigos que no eran físicos no comprendían por qué perdía el tiempo hablando de algo que para ellos era tan obvio y tan evidente. Esto me hizo recordar muchas observaciones sobre ese tema que había yo oído en años pasados, entre ellas las explicaciones que me daba mi padre sobre los motivos de que tanta y tanta gente luchara por aumentar su riqueza, y de repente se aclararon toda una serie de cuestiones que hasta entonces habían sido más bien misteriosas para mí.

Sea como fuere, creo que al menos los científicos que son contemporáneos míos se sienten profundamente inclinados a retirarse de todas las luchas que caracterizan a nuestra sociedad y a llevar una vida monástica; es más, creo que ésta es la característica de los que han escogido la ciencia por vocación. En uno de los paseos que solíamos dar, Franck dijo una vez que para los científicos la ciencia es una especie de adormidera que les ayuda a olvidar lo que sucede alrededor suyo y a desolidarizarse de las cosas que les rodean. Los científicos jóvenes de aquellos días ya pasados querían recluirse para aprender, para crear nuevas ideas en la soledad y en el retiro.

## LOS CAMBIOS DE LA CIENCIA

No sé si cabe decir que este desistimiento característico y esta inclinación por la vida monástica sean del gusto de los científicos de nuestros días; al menos, no creo que lo sean tanto como lo eran de los hombres de ciencia de hace 30 ó 40 años. Esto nos lleva al próximo tema, que es el de los grandes cambios que ha sufrido la ciencia durante mi vida de físico.

Me parece que tenía 17 años cuando mi padre me preguntó qué era lo que quería hacer de mi vida. Le dije que me gustaría ser hombre de ciencia, y mejor aún físico. Creo que él lo sospechaba ya; sea como fuere, me contestó: "Dime, ¿cuántos puestos para físicos hay en toda Hungría?" Exagerando un poco la respuesta le dije que cuatro. Hizo como que no se daba cuenta de que había exagerado la cantidad y me preguntó si yo pensaba obtener uno de esos cuatro puestos. Entonces convinimos en que lo mejor sería que estudiase algo de mayor valor práctico, como por ejemplo ingeniería química, y, la verdad sea dicha, en ingeniería química me gradué. Sin embargo, durante el período relativamente corto que transcurrió entre mis 17 años y la obtención de mi título, el mundo cambió y cambió mucho. En primer lugar, el mundo se contrajo y la distancia entre Alemania y Hungría disminuyó, no en horas de viaje sino en términos de pensamiento, y la idea de ocupar un puesto fuera de Hungría perdió lo que tenía de absurdo. En segundo lugar, el número de puestos para físicos aumentó mucho. Polanyi, que era mi tutor en ciencias, sostuvo una larga y seria conversación con mi padre y conmigo y nos dijo que una carrera científica no tenía ya la aureola de romanticismo que antes la caracterizaba y que podíamos pensar en ella muy seriamente. La verdad es que la condición del hombre de ciencia había cambiado mucho durante aquellos seis años. En 1919 al hombre de ciencia se le consideraba, al menos en Hungría, como a un bicho raro; venerable quizá, pero bicho raro al fin y al cabo. En 1954, en cambio, la carrera científica seguía entrañando un profundo desistimiento de

los asuntos del mundo, pero era ya una carrera, y una carrera que en Alemania empezaba a considerarse seriamente. Incluso en Hungría la sonrisa que despertaba se convirtió en una sonrisa de tolerancia.

Esta evolución ha proseguido sin interrupción desde entonces. Quizá peque de anticuado cuando digo que, para mí, la persona que escoge una carrera científica ha de hacerlo sin esperar que su carrera le resulte rentable, una buena inversión; creo que lo que debe presidir su elección es el anhelo de transcurrir una vida aprendiendo y, quizá, creando. Y la verdad es que muchos de nuestros jóvenes eligen hoy la carrera científica teniendo esto presente, lo cual no es óbice para que también haya otros muchos que se dedican a la ciencia con la esperanza de obtener ganancias, posiciones influyentes, altas distinciones y, como se dice hoy, una vida de éxito. No sé si puedo predecir cuál de estos grupos será el que prevalezca a fin de cuentas. Quizá acabe por haber una mezcla de ambos, quizá los científicos que pertenecen al último grupo acaben por abandonar la ciencia y ocupen puestos administrativos fuera o dentro de la vida académica; lo que sí es verdad es que el espíritu y los rasgos que caracterizaban a los científicos del principio de nuestro siglo no caracterizan ya a los científicos de hoy, que son, en su actitud para con la vida, más parecidos a sus contemporáneos no científicos que los hombres de ciencia de hace 30 años. Esto no tiene por qué ser necesariamente bueno ni necesariamente malo, puede muy bien que sea incluso un cambio menos importante que lo que a mí me parece, pero no cabe la menor duda de que es un cambio. La confianza en sí mismo que ostentan los físicos de hoy es muy diferente de la actitud que tenían en su juventud sus colegas ya mayores, que parecían lamentar lo inconvencionales que eran sus intereses y sus anhelos.

## NACIMIENTO DE LA GRAN CIENCIA

Otro cambio muy significativo es el nacimiento de la Gran Ciencia, de la ciencia que se "fabrica" en laboratorios que agrupan a miles y miles de personas. Todos sabemos que desarrollar una labor científica en uno de estos laboratorios es muy diferente de trabajar en soledad, que el uso de un acelerador de 70 GeV por un equipo de científicos con arreglo a las directivas del comité administrativo del acelerador es algo muy diferente de la vida contemplativa que era la esencia, aunque no el todo, de la ciencia de principios de este siglo. No voy ahora a discutir lo que Alvin Weinberg llamó la Gran Ciencia. Es cierto que ha acelerado enormemente la adquisición de conocimientos. También es cierto que necesita al científico seguro de sí mismo, con su actitud más convencional y más agresiva que ya he descrito.

Ahora que he hablado de los años que precedieron a mi ingreso en la física, creo que lo lógico sería que siguiera contándoles cómo prosiguió mi desarrollo y cuál fue el trabajo que más satisfacción me ha producido. Pero no es cosa fácil pasar revista a mi labor. Ha habido quien ha dicho que he hecho aportaciones infinitesimales a una infinidad de temas. Esto, huelga el decirlo, es una acusación injusta: desgraciadamente, no he prodido contribuir a un número infinito de temas.

## PRONOSTICAR CON AUDACIA

Mi tesis doctoral fue una tentativa — que luego resultó ser exacta — de calcular la velocidad de las reacciones de asociación química, de las cuales el Dr. Salpeter mencionó una en este mismo Simposio: dos átomos de hidrógeno chocan y forman una molécula. Había que resolver dos problemas. Si suponemos que dos átomos chocan en el centro de un sistema de coordenadas de masa, los dos átomos tendrán que formar una molécula en reposo y la energía de la molécula se cuantificará. Entonces será infinitamente improbable que la energía cinética de los átomos sea precisamente tan grande que la energía del sistema coincida con uno de los niveles de energía de la molécula. Born y Franck, en un artículo que escribieron conjuntamente, indicaron lo mismo. La conclusión a que se llegó fue, por consiguiente, que la reacción de asociación era infinitamente improbable. Peor aún: el momento angular de la molécula se cuantificaba también y era igualmente improbable que los átomos que chocasen tuviesen exactamente la cantidad adecuada de momento angular en el centro de sus masas. Todo esto sucedía, naturalmente, años antes de que se descubriera la mecánica cuántica. Lo lógico hubiera sido llegar entonces a la conclusión de que las simples reacciones de asociación eran imposibles, o que había cero probabilidades de que ocurriesen, de no haber sido por una gran cantidad de datos experimentales que poseíamos y que indicaban que, según las reacciones químicas, las reacciones de asociación se producían. La solución que entonces propuse, basándome en los datos experimentales y en el estudio del establecimiento del equilibrio químico, era que: a) los niveles de energía no se manifestaban con una definición absoluta sino que tenían cierta anchura, y la reacción podía ocurrir si la energía de los átomos que chocaban quedaba dentro de los límites de dicha anchura; b) la limitación que afectaba al momento angular debía descartarse, pues el momento angular de los dos átomos quedaba trasladado automáticamente y misteriosamente al próximo múltiplo entero de la constante de Planck. Estas dos condiciones garantizaban por consiguiente el establecimiento del equilibrio químico de disociación. También daban una imagen suficientemente clara de las reacciones de resonancia en general, y como ustedes saben he seguido interesándome por este tipo de reacciones. Si les cuento esto es porque creo que a ustedes les interesará saber cómo pensaban los científicos en los días de la mecánica precuántica. En aquellos días uno tenía que pronosticar más y que demostrar menos, y las dotes de iniciativa de que uno requería para pronosticar o para adivinar eran mucho mayores que ahora lo son, cuando no se ha establecido la falsedad de la teoría aceptada. Naturalmente, nada de lo que he dicho está en contradicción con la conclusión del Dr. Salpeter, que nos ha dicho que la reacción simple de asociación al formarse una molécula de  $H_2$  por choque de dos átomos de hidrógeno es un proceso muy, muy improbable: los niveles de energía de la molécula  $H_2$  son muy estrechos y están muy alejados uno de otro. Hasta mucho más tarde no pude calcular la velocidad de formación de la molécula como resultado del choque de tres átomos de hidrógeno.

## EL PLACER DE EXPLORAR

Ahora que han oído la historia de uno de mis cálculos, estoy seguro de que no querán escuchar la de los demás. La verdad es que no puedo decir

cuál ha sido el que más satisfacción me procuró. Siempre me ha gustado trabajar, y cada vez que he conseguido acabar un trabajo me ha parecido que había más orden en mi cabeza y en mi pensamieto. Esta misma sensación de exaltación y casi de euforia la he experimentado después de leer un artículo cuyo contenido he podido comprender enteramente. El placer de la exploración no ha disminuido en los muchos años durante los cuales he disfrutado de él. Con la edad uno llega a instalarse en un período de felicidad y de serenidad que, siempre y cuando uno no se acuerde de que está perdiendo facultades, es el más feliz de la vida. Permítanme añadir que mi labor para el Gobierno durante la guerra fue también interesante y satisfactoria, con la salvedad de que entonces estaba doblemente preocupado por el éxito de mi trabajo y más aún por el resultado final de la guerra. Las amistades a que ha dado lugar mi asociación con otros físicos han sido asimismo una fuente continua de placer y de satisfacción.

El último tema sobre el cual voy a hablarles es la relación que existe entre el científico y la sociedad.

Mientras no había más que cuatro físicos en una población de siete millones de habitantes, esta relación no tenía gran importancia, pero ahora que, por ejemplo en los Estados Unidos, se desembolsan 20 000 millones de dólares al año para trabajos de investigación en un país cuya renta nacional global es de 800 000 millones de dólares, lo que significa que, directa o indirectamente, cinco millones de personas trabajan en la investigación en una nación de 200 millones, la importancia de esta cuestión es de diferente orden de magnitud. Esto sigue siendo válido aunque uno encuentre razones — y las hay — para multiplicar las cifras que he dado por un factor muy considerable.

## EL PRIVILEGIO DE UNA VIDA DE SATISFACCIONES

Lo que yo quisiera es que todos nos diésemos cuenta de lo mucho que debemos a la sociedad. Gracias a la sociedad podemos hacer lo que de todos modos hubiéramos querido hacer, lo que más satisfacción nos proporciona, y los medios de que la sociedad nos dota para hacerlo son, a juzgar por lo que veo alrededor de nosotros, medios de lujo. Me parece que lo menos que podemos hacer nosotros a cambio de ello es ser de utilidad y no adoptar una actitud de enojo o de hastío si una de nuestras conclusiones o uno de nuestros descubrimientos encuentra una aplicación práctica. El libro de Ostwald nos dice que casi todos sus grandes hombres se dedicaron en uno u otro momento a la resolución de problemas prácticos, como por ejemplo la lucha contra las enfermedades, el aumento de la producción o algo por el estilo. También nos dice que casi todos ellos se dedicaron, por lo general hacia el final de su carrera, a asesorar a su Gobierno sobre la administración de las empresas científicas y sobre la posibilidad de encontrarles aplicaciones prácticas. Nosotros, que disfrutamos del tan generoso apoyo de nuestra sociedad, debemos ser humildes y agradecidos más bien que ligeramente despreciativos en el trato con nuestros conciudadanos. Ya sé que puede alegarse que la sociedad obtiene beneficios de la ayuda que nos presta, pero también los obtiene el hombre que se tira al agua para salvar a uno que se está ahogando. Frases como, por ejemplo:

"El mérito de la sociedad se puede juzgar por lo importante y lo adecuado de la ayuda que presta a sus científicos" son para mí pura y simplemente inaceptables, y lo menos que merecen es una contestación como la que dio el Profesor Harry S. Johnson, que dijo: "Decir que los individuos que tienen dotes de investigadores merecen el apoyo de la sociedad es como decir que los terratenientes tienen derecho a llevar una vida de ocio; en ambos casos se parte de la hipótesis de que el individuo privilegiado vale más socialmente que el hombre corriente". Tenemos que hacer todo cuanto esté a nuestro alcance para evitar este tipo de críticas, ya que de ellas no se sigue sino una confrontación que perjudica a la sociedad y también a la ciencia, pero muy particularmente a la Gran Ciencia.

---

## LANDAU, GRAN CIENTIFICO Y MAESTRO

En 1962, la noticia del gravísimo accidente de carretera sufrido por L.D. Landau, uno de los más grandes maestros de la física en la Unión Soviética, sumió en la consternación al mundo científico. Para salvar su vida se movilizaron todos los recursos de su país y la generosa ayuda de otros muchos; desgraciadamente, a principios del año en curso, la muerte puso fin a la larga lucha para restituirle sus facultades.

En el Simposio sobre física contemporánea que se celebró en junio en Trieste, un gran auditorio, que incluía a muchos de los científicos más destacados del mundo, se reunió para escuchar las palabras que el Profesor Eugen Lifshitz, del Instituto de Problemas Físicos de la Academia Soviética de Ciencias (Moscú), pronunció como homenaje "al gran hombre que durante muchos años fue maestro y amigo".

El profesor Lifshitz recordó la reacción espontánea que produjo la noticia del accidente, y cómo al hospital donde fue internado acudieron centenares de personas ansiosas de hacer lo que fuera por ayudar a los médicos. Desde los estudiantes recién graduados hasta los miembros de la Academia de Ciencias se turnaron día y noche, manteniéndose en contacto con los lugares más remotos para lograr el material y el equipo necesarios. Cuanto se pidió a otros países fue dado inmediatamente y con la mejor voluntad. La lucha duró seis años y terminó con la defunción de Landau a los sesenta años de edad.

El secreto de su extraordinaria popularidad radicaba en que, además de gran físico era un hombre recto y afable, de personalidad poderosa y brillante, totalmente ajeno a la pompa y la solemnidad. Ejemplo de su sentido del humor era la explicación que solía dar de su apodo "Dau", que atribuía a que la gente sabía francés y le llamaba "l'âne Dau".