

# SOBRE LAS RAZONES QUE FACILITAN LA ACEPTACION DE LA INTERPRETACION ORTODOXA DE LA TEORIA CUANTICA

Arnulfo Castellanos Moreno

Departamento de Física, Universidad de Sonora,  
Hermosillo, Sonora, México 83000

(recibido marzo 5, 1986; aceptado septiembre 29, 1986)

## RESUMEN

A partir de la hipótesis de que la interpretación de Copenhague de la mecánica cuántica tiene su fuente en un marco conceptual fuera de la ciencia física, se presenta la tesis de que la filosofía positivista, la ideología del liberalismo, las estructuras universitarias y la tendencia profesionalizante son los aspectos fundamentales para la aceptación general de la interpretación de Copenhague por parte de la mayoría de los científicos.

## ABSTRACT

Starting from the hypothesis that the Copenhagen interpretation of quantum mechanics has its source in a conceptual frame-situated outside the physical science, a thesis is formulated that the positivist philosophy, liberalist ideology, university academic organization and professionalism are the fundamental aspects for the general acceptance of the orthodox interpretation by most scientists.

## INTRODUCCION

Si la discusión sobre las corrientes interpretativas de la teoría cuántica goza de poca atención, las razones de que sea la interpretación ortodoxa la más aceptada de ellas reviste aún menos importancia para los físicos.

Probablemente como consecuencia del poco tratamiento que recibe este aspecto, la pregunta correspondiente es contestada con una simplicidad excesiva. Por consiguiente, hemos considerado necesario tocar este punto con el propósito de llamar la atención sobre la necesidad de analizar este tema.

Sostenemos que las motivaciones para que los físicos hayan aceptado con facilidad la interpretación ortodoxa de la mecánica cuántica provienen del contexto del bagaje cultural en que estos profesionistas se forman como intelectuales.

En este sentido consideramos que hay cuatro aspectos que entran como componentes fundamentales de la esfera ideológica en que el físico se desarrolla, estos son: el positivismo, el liberalismo, la estructura universitaria en que se forma y la tendencia profesionalizante que imprime la sociedad.

Por ello iniciamos este trabajo con un análisis breve de estos cuatro componentes, para luego tocar las dos corrientes dominantes en las interpretaciones de la teoría cuántica y tratar de defender que la ortodoxia tiene sus raíces en la filosofía positivista.

Finalmente, eslabonamos los elementos anteriores para configurar nuestro punto de vista sobre las razones que llevaron a que una de las interpretaciones resultara ser la de mayor aceptación.

## EL POSITIVISMO

El positivismo toma importancia cuando Augusto Comte aplica el término a la teoría sociológica desarrollada por él, aunque fue Saint-Simon el primero en adoptar el término para designar el método de las ciencias exactas de la época, dentro de un intento de extenderlo a la filosofía.

Según Abbagnano<sup>(1)</sup> el positivismo viene acompañado de una especie de romanticismo de la ciencia y una estimulación de la organización técnico-industrial de la sociedad moderna.

Dentro de esta visión optimista del proceso de industrialización, se considera a la ciencia como el único conocimiento posible, siendo su método el único válido.

Además, concibe el método de la ciencia como puramente descriptivo, en el sentido de que muestra una relación constante entre los hechos, los cuales busca expresar mediante leyes.

A su vez, la existencia de estas leyes debieran permitir la previsión de los hechos mismos, encuadrados dentro de una visión ordenada de ellos.

En el campo de los fenómenos llamados naturales -como diferenciación de los sociales básicamente- no hay duda de que el método científico tiene esta última característica. Sin embargo, en el campo de lo social los estudiosos del mismo han presentado fuertes discrepancias; por ejemplo, Max Weber sostenía que las leyes de la sociología comprensiva sólo son oportunidades confirmadas por la observación, existiendo una posibilidad de que se produzcan en presencia de un estado de cosas dado<sup>(2)</sup>.

Pues bien, el positivismo generaliza a todas las actividades humanas los preceptos metodológicos probados para la llamada ciencia natural.

Una de las modalidades del positivismo con mayor influencia en el ramo de la física es el positivismo lógico, cuya característica fundamental es la reducción de la filosofía al análisis del lenguaje.

En el positivismo lógico se les llama enunciados factuales a aquellos concernientes a cosas existentes, teniendo significado sólo los que son empíricamente comprobables. Es esta última aseveración la de mayor influencia en los físicos del siglo XX.

Otra de las características importantes del positivismo es su concepción de la filosofía, a la cual adjudica la función de reunir y coordinar los resultados de las ciencias particulares, a fin de realizar un conocimiento unificador y muy general.

Cabe señalar, de cualquier forma, que ésta no es una tendencia exclusiva del positivismo, se observa en la esfera de los economistas cuando Adam Smith generaliza hacia el ámbito social la existencia de una "mano ordenadora" análoga a la visión doctrinaria de la mecánica de Newton<sup>(3)</sup>; se presenta después en Herbert Spencer, cuando plantea una teoría sociológica con conceptos muy semejantes a la biología; en Marx y Engels cuando desarrollan una teoría del conocimiento con intenciones de aplicación general; los propios físicos del siglo XIX muestran esta tendencia unificadora con la integración de la óptica, la electricidad y el magnetismo en una sola teoría sobre la base de una visión hidrodinámica del espacio.

Quizá el aspecto que más dificultades causa a los físicos en su formación es la aceptación acrítica de que el objeto de estudio de la ciencia debe involucrar sólo hechos medibles y de que las teorías sólo deben poseer entes medibles, pues con la concepción profesionalizante que caracteriza al sistema educativo en el cual nos encontramos inmersos, no nos tenemos lo suficiente en el análisis como para percatarnos de que esta afirmación aparentemente inocente e inobjetable es una ventana para derivar -como filósofos aficionados- en una serie de supuestos metodológicos que nos llevan ciegamente al positivismo.

Ahora bien, el positivismo no fue una simple moda del siglo XIX que tuvo gran influencia en los primeros años de este siglo "Todavía hoy, corrientes manifiestamente neopositivistas ejercen una influencia decisiva, si no hegemónica, en las ciencias sociales universitarias, académicas, 'oficiales' e institucionalizadas, particularmente en los Estados Unidos"<sup>(4)</sup>.

En general, el respeto por la ciencia y la magnificación de la tecnología como solución infalible de todos los males de la sociedad -incluso de carácter colectivo-, la metodología científica y sus preceptos epistemológicos sin contraparte ontológica<sup>(5)</sup>, siguen presentes en todas las carreras universitarias.

## EL LIBERALISMO

En el plano de las teorías económicas el liberalismo cristaliza en la obra de Adam Smith, *La riqueza de las naciones*, donde se presupone la existencia de un equilibrio natural, siempre y cuando se deje evolucionar a la economía conforme a las libres fuerzas que en ella se presentan.

En el plano político pasa por la declaración de los derechos del hombre, que son, entre otras cosas, una individualización del ser social, con avances de justicia si se quiere, pero que no dejan de ser un paso hacia la reducción en dirección al individuo y no a la colectivización.

Como es de esperarse, en el plano filosófico se apuntala toda una concepción del hombre para reforzar la ideología individualista apropiada para el modo de producción capitalista, esta concepción es el liberalismo.

En forma resumida podríamos decir que el liberalismo plantea: "las [[leyes]] de la economía de mercado son similares a las leyes físicas, ya que son objetivamente válidas con independencia de lo que se piensa sobre sus consecuencias; segundo, no se puede juzgar el funcionamiento de la economía en función del éxito o fracaso en su adecuación a fines de carácter moral o social; tercero, es un hecho que el nuevo mecanismo, si no se ve interferido de forma inadecuada, enriquecerá automáticamente a todo el mundo y por lo tanto lo hará más feliz; y cuarto, la mejor garantía del bienestar general es el interés egoísta de miles de individuos, ya que la competencia, forzosamente, reducirá los costos de producción, abaratando así el precio de las mercancías ... Cada individuo es el mejor juez de sus propios intereses y, en concreto, los propietarios de la riqueza privada son los mejores árbitros de dónde y cómo invertir. Si se les concede autonomía, no pueden sino mejorar y, a largo plazo, todo el mundo saldrá beneficiado"<sup>(6)</sup>.

Como puede verse, en estas concepciones se gesta -y se fundamenta lógicamente- la libertad individual como valor universal y el respeto a ella como norma moral que las constituciones políticas de las democracias convierten en norma jurídica.

El liberalismo clásico se fundamenta en el postulado de la existencia de una naturaleza humana según la cual es el egoísmo lo que mueve in

variabilmente a los individuos; asimismo, la vía más segura para la felicidad es la satisfacción de los intereses personales; y como complemento, se considera que tal naturaleza humana es inalterable.

Estas concepciones son planteadas en el siglo XIX por Jeremy Bentham, aunque en realidad son el resultado de un proceso de elaboración que se inicia con Thomas Hobbes (XVII) y continúa con John Locke y David Hume (XVIII).

En el plano del desarrollo de la ciencia, se eleva a la categoría de indispensable la libertad individual del científico y su derecho a decidir y determinar -en forma totalmente libre y sin influencias ni coacciones externas- el tema de estudio y de investigación. Condición considerada *sine qua non* en estos días, aunque en la práctica resulta ser sólo una utopía más, pues las condiciones de libertad no se presentan desde el momento en que se da una ideología específica de la ciencia y una moral, así como una escala de valores del científico.

A lo anterior habría que agregar la dirección de las metas de la investigación por los medios siempre efectivos de canalizar los apoyos económicos en direcciones específicas de interés para la planta productiva de cada país; o de las modas que importan las naciones económicamente dependientes.

#### LA TENDENCIA PROFESIONALIZANTE

Uno de los factores que influyen de manera directa sobre el ambiente cultural en el cual se forman los científicos es la tendencia hacia la profesionalización, es decir, hacia la definición de un ámbito específico de desarrollo de las actividades personales.

Este no es un elemento nuevo para los tiempos modernos, pues data del proceso de nacimiento del capitalismo hacia finales de la Edad Media. Como establecen los estudiosos de la historia económica -particularmente quienes siguen el enfoque del materialismo histórico-, en las formaciones sociales feudales de Europa Occidental habían ido desapareciendo los oficios con que el período previo del esclavismo venía dividiendo las actividades productivas. En el caso particular de Europa Central, que se mantuvo al margen de la influencia griega y romana, el antecedente es el modo

de producción germánico, que tampoco se caracteriza por una notable división social del trabajo.

Esta tendencia a la unificación de los oficios se invierte en el proceso de descomposición del feudalismo, cuando con el fortalecimiento del comercio externo al feudo van naciendo los gremios de artesanos, que luego se establecen en las ciudades y terminan cayendo en manos de la naciente clase burguesa.

La división social del trabajo se establece en forma definitiva en la etapa manufacturera del capitalismo y trasciende hasta una división de funciones dentro de la misma fábrica y en el proceso de elaboración de un artículo determinado.

Todo este fenómeno social lleva aparejado un nuevo ambiente cultural, una nueva disposición del ser humano ante la vida productiva. Parte de dicho ambiente es la predisposición del individuo a un oficio.

A ese cambio que se opera en las mentes de los individuos no colabora la iglesia católica, que a través de los siglos había devenido en una de los feudales más importantes de Europa, y como era de suponerse, tenía sus raíces bien arraigadas en la formación feudal.

Por contraparte, entre las reformas que se promovieron a los principios de la fe cristiana sí se encuentran elementos que tienden a fundamentar y a fomentar una nueva actitud de los individuos frente a la vida productiva. Este es el caso de la reforma promovida por Martín Lutero (1483-1546) a la iglesia romana.

Max Weber (1864-1920), en su libro *La ética protestante y el espíritu del capitalismo*, va a buscar el grado de influencia de las religiones sobre la nueva mentalidad capitalista, estableciendo, entre otras cosas, la existencia de una nueva actitud ante los oficios que va definiendo el proceso de división del trabajo que hemos mencionado.

"... La idea de profesión conservó en Lutero un sello tradicionalista. Profesión es algo a lo que el individuo debe someterse porque es una donación que la Providencia le ha otorgado, algo ante lo cual debe 'allanarse', y tal idea establece la razón del trabajo profesional como misión, como la misión impuesta por Dios al hombre; este rasgo resultó aún más relevante en el posterior desenvolvimiento del luteranismo ortodoxo"<sup>(7)</sup>.

Esta ideología reformadora fue retomada por Juan Calvino (1509-

1564) poco después, en Ginebra, y se introdujo casi simultáneamente en Inglaterra con la separación de la iglesia anglicana de la católica romana.

La influencia de las religiones sobre la vida espiritual y moral de los pueblos es indudable, y en el caso de la tendencia a las profesionalizaciones, no es más que la consecuencia ideológica del sustrato material que se da en el proceso de división del trabajo en el aparato productivo.

La actividad científica no escapa a este desarrollo, la antigua filosofía natural tiende a desaparecer, las ciencias clásicas<sup>(8)</sup> entran en un proceso que ahora podríamos llamar de reagrupamiento y nueva subdivisión. De tal forma que para el siglo XIX no hay ya expertos en todo, sino especialistas en un ramo determinado.

Esta serie de transformaciones van a tener sus efectos en la organización institucional de la práctica científica: "En las ciencias, a partir de fines del siglo XVIII, creció rápidamente el número de revistas y sociedades, y muchas de ellas, a diferencia de las tradicionales academias nacionales y sus publicaciones, quedaron restringidas a determinados campos científicos. Ciencias añejas, como las matemáticas y la astronomía, se convirtieron al fin en profesiones con sus propias formas institucionales"<sup>(9)</sup>.

Una de nuestras tesis consiste en afirmar, precisamente, que esa división de la ciencia en campos específicos es un fenómeno atribuible al desarrollo de la sociedad capitalista, que repercute, entre otras cosas, en una división generalizada del trabajo, de la cual la actividad científica es un caso particular. La profesión se volvió en una meta de cada ser individual. Cada hombre debía tener su oficio y cada niño habría de incluir entre sus aspiraciones personales alguna profesión como propósito, convirtiendo la tendencia profesionalizante en una ideología.

#### LA TENDENCIA PROFESIONALIZANTE EN LAS NUEVAS ESTRUCTURAS EDUCATIVAS

Las estructuras educativas recibieron la influencia de esta nueva mentalidad profesionalizante y mucho del nuevo sello del desarrollo científico tuvo que ver con las nuevas formas institucionalizadas de hacer ciencia.

Hablando del florecimiento científico en Francia hacia finales

del siglo XVIII, Thomas Kuhn plantea que "Quizá haya factores institucionales e individuales que expliquen este temprano liderazgo francés"<sup>(10)</sup>. Y acerca del traslado de esta actividad científica a Alemania e Inglaterra después de la segunda mitad de la década de 1840, Kuhn considera que tuvo importancia la estructura educativa:

"Parte del éxito obtenido en Alemania -atestiguado por el papel preponderante de los alemanes en las transformaciones conceptuales de la física realizadas en el siglo XX- debe atribuirse al rápido crecimiento y a la consecuente plasticidad de las instituciones educativas alemanas durante los años en que hombres como Neumann, Weber, Helmholtz y Kirchhoff estuvieron creando una nueva disciplina en que tanto teóricos experimentalistas como matemáticos se asociarían como profesionales de la física.

Durante las primeras décadas de este siglo, este modelo alemán se propagó rápidamente al resto del mundo"<sup>(11)</sup>.

La influencia de la formación social sobre el medio educativo no es casualidad, sino una regla general, y a su vez, las estructuras educativas -especialmente las de la educación superior- ejercen su influencia sobre el desarrollo científico.

Para los fines específicos de este trabajo, sostendremos que la ideología liberal y la tendencia profesionalizante -características muy propias del capitalismo- se involucraron fuertemente en las estructuras educativas de países tan importantes en el desarrollo de la teoría cuántica como Alemania, Francia e Inglaterra. Los demás países europeos, a pesar de sus variantes de la estructura educativa, conservaron el liberalismo y la tendencia profesionalizante como parte de ese bagaje cultural al que nos venimos refiriendo. Por tanto, además de las estructuras universitarias de los países arriba mencionados, sólo tocaremos la estadounidense y el modelo departamental como forma de enfrentar las deficiencias de las universidades tradicionales en cada país.

### *La universidad alemana*

Esta estructura universitaria surgió dentro del proceso de consolidación de la nación alemana y "... desde el comienzo se comprometió con las tareas de integración nacional y de la incorporación de la cultura alemana a la civilización industrial"<sup>(12)</sup>.

Una de las características más importantes de la universidad alemana fue la *libertad académica*, que consistía en permitir al estudiantado la libertad de opciones para planear sus estudios eligiendo los currícula y cursándolos en departamentos de distintas universidades; por contraparte, se respetaba la libertad del profesor para planear y dirigir sus actividades académicas, conservando como parámetro el requisito de excelencia de la disciplina practicada<sup>(13)</sup>.

La ideología subyacente a esta concepción educativa no podía ser otra que el liberalismo, pues se basaba en depositar la confianza en la responsabilidad del individuo y en la libertad de pensamiento de estudiantes y maestros. La libre selección de materias por parte del estudiante para formar su currículum, y la libertad del maestro en la planeación y dirección de sus actividades, no hicieron sino reproducir el esquema ideológico en boga, la moda que se vivía fuera del aula y el laboratorio, el ambiente cultural externo a la cátedra. Y ese era el liberalismo y la tendencia profesionalizante.

Esta concepción mostró sus ventajas y sus deficiencias en el curso histórico de la ciencia en Alemania, como señala Kuhn, los científicos alemanes dieron lugar a profundas transformaciones conceptuales en la ciencia y el desarrollo de la teoría cuántica es una de las mejores muestras de ello, pero como señala Darcy Ribeiro: "Para los profesores alemanes, la libertad académica tuvo como contrapartida la aceptación servil de la ideología oficial. Así, el precio de la libertad fue el conformismo que redujo su ámbito de acción proselitista a la convivencia orgullosa de los iguales en tanto que *libres de espíritu*"<sup>(14)</sup>.

Pero este liberalismo no implicaba, de ninguna manera, el aislamiento de los individuos, pues una de las características más importantes "... de la universidad alemana fue el desdoblamiento de las principales cátedras en *institutos* con presupuestos propios cuyo monto dependía del prestigio extrauniversitario de los catedráticos responsables. Los más notables contaban con laboratorios y bibliotecas propias, para realizar la enseñanza y la investigación en forma integral. A la cabeza de ellos se situaban catedráticos superpoderosos a cuyo servicio y como meros ayudantes personales, se ubicaban los demás docentes que vivían la mayor parte de su vida en una posición subalterna, en aras de la gloria del *magister*"<sup>(15)</sup>.

Para los fines de este trabajo, necesitamos destacar como conclusión fundamental que la universidad alemana reprodujo la ideología en boga -el espíritu del capitalismo parafraseando a Max Weber-, y que ésta dio sus tento a una práctica profesional especificada y desligada de la ciencia so cial. Salvo excepciones que escaparon al promedio, el científico alemán era un gran especialista de su tema y un mal conocedor de otros campos de la ciencia. Y cuando la maduración del formalismo matemático de la teoría cuántica exigió una interpretación, era de esperarse el surgimiento de filósofos aficionados, factor fundamental para la rápida aceptación de una corriente que descansara sobre la filosofía de moda.

### *La universidad inglesa*

Si bien los físicos ingleses no tienen una participación tan importante como los alemanes en la construcción de la teoría cuántica, con la llegada de los nazis al poder en 1933 y la desbandada de científicos de Alemania, Inglaterra se convierte en una de las naciones que conservan la ciencia de alto nivel y que usufructúa junto con Estados Unidos la mayor parte de científicos formados en la Europa Continental y que por diversas razones abandonan su país.

Esta situación, que se crea con los antecedentes que van a desembocar en la segunda guerra mundial, hace especialmente importante el papel de las universidades inglesas, y de la ideología de esta nación, en el pro ceso de aceptación de la interpretación ortodoxa de la teoría cuántica.

Inglaterra es la cuna del liberalismo y el país donde madura el capitalismo, desde donde se extiende por todo el mundo. Pero a pesar de ser así, las universidades inglesas venían conservando un perfil anticuado para el desarrollo de sus fuerzas productivas y no es sino hasta 1860, con cretamente en Cambridge " ... cuando se hicieron algunas reformas sustanciales, como respuesta a los reclamos de la revolución industrial en el campo de la formación de personal técnicamente calificado para el trabajo"(16).

De esta forma Inglaterra desarrolla una extraordinaria variedad de orientaciones para la educación superior, que proporciona estratos de muy alto nivel académico en lugares como Oxford y Cambridge, a la vez que provee los cuadros necesarios para hacer funcionar la sociedad inglesa en

otras universidades de enfoque más utilitario.

En cuanto a las instituciones de alto nivel, de donde surgen los grandes científicos ingleses de la era moderna, adoptan técnicas de trabajo y estructuras organizativas que reflejan la influencia del modelo exitoso de Alemania.

Por lo tanto, para los propósitos de este trabajo, podemos asentar como conclusión que en Inglaterra coexisten condiciones semejantes a las de Alemania en cuanto a los elementos culturales que aquí nos interesan, estos son: a) el liberalismo como ideología de la sociedad y del individuo y b) la tendencia a forjar profesionales de un campo determinado del conocimiento o de la técnica.

#### *La universidad en los Estados Unidos*

La educación superior norteamericana guarda una cierta semejanza -en cuanto a función social- con la universidad alemana. Producto de migraciones masivas de diversas naciones europeas, la sociedad estadounidense se tiene que realizar toda una ingeniería social<sup>(17)</sup> de integración a la nueva nación.

Reproduce una versatilidad superior a la inglesa para proporcionar los cuadros técnicos que requiere el desarrollo del modelo de acumulación de capital. Crea los *colleges* norteamericanos de carácter utilitario y muy diversificados, para americanizar inmigrantes, integrarlos al sistema de valores y forjar los cuadros técnicos necesarios.

Después de 1860 estos *colleges* se reforman y dividen en dos modelos opuestos de enseñanza superior. Uno de ellos, el de interés para los fines de este trabajo, " ... tenía como patrón un modelo altamente ambicioso, cristalizado con la reforma de la vieja universidad de Harvard y con la creación de la universidad John Hopkins que se alejaba del practicismo para dedicarse enteramente a la investigación científica y a la creatividad cultural, tanto como a la enseñanza superior en el más alto nivel. Su ideal básico pasa a ser el cultivo del viejo saber académico-humanístico, pero también del nuevo saber científico. Su forma de alcanzarlo era la creación de un cuarto nivel de enseñanza, a través de escuelas de postgraduados, destinados a impartir cursos y conceder títulos doctorales de cuño alemán"<sup>(18)</sup>.

Con la biparticipación del segundo modelo en los *juniors colleges* y los *land-grant colleges*, la educación superior norteamericana se divide en tres vertientes:

- La primera de ellas dedicada a la formación para el trabajo y a la elevación del nivel de cultura general. Esta es la misión de los *juniors colleges* y viene a ser la educación superior para los pobres.
- La segunda prepara licenciados en letras, ciencias y artes. Se trata de los *colleges*, a los cuales ingresa por selección escolar únicamente el 30% de egresados de *high school* y viene a ser la opción académica del estrato medio.
- La tercera vertiente vienen a ser las universidades, con cursos extremadamente caros y a los que sólo ingresa del 12 al 13% de egresados de enseñanza media. Es la educación superior para la gente acomodada<sup>(19)</sup>.

Se trata como podemos ver, de un reconocimiento de la sociedad norteamericana jerarquizada, que incorpora desde el principio la intención norteamericanizadora de la población, y que deviene, por consecuencia, en una reproductora de la ideología sobre la cual descansa el sistema.

Los Estados Unidos son a la Europa Occidental lo que Roma a la Grecia Antigua. Lo que una formación social origina, la siguiente lo adopta y reforma imprimiéndole un aspecto cuantitativo que tiende a obtener y agotar toda su potencialidad.

Si bien la forma americana de vida incluye nuevas modalidades ideológicas que no se dan en la sociedad europea, especialmente el culto excesivo por la posesión de recursos económicos como forma de alcanzar prestigio y relevancia social<sup>(20)</sup>, toma del desarrollo europeo el liberalismo, la tendencia profesionalizante de la educación y hasta el llamado espíritu del capitalismo con que Max Weber busca analizar el desarrollo de la Europa Central.

En el ámbito científico, la educación superior norteamericana crece en calidad durante el presente siglo y se beneficia más que Inglaterra con el éxodo de científicos en los años previos a la segunda guerra mundial. En lo que al desarrollo de la física se refiere, reproduce el bagaje cultural que hemos venido mencionando con anterioridad, imprimiéndole modificaciones sin importancia para los fines de este trabajo.

"La estructura propiamente universitaria de Norteamérica se compone de cerca de 100 universidades que imparten el Ph. Dr., cada una de ellas con su organización propia y autónoma, con libertad para invertir sus recursos en los campos del saber que le parezcan más convenientes. Puede así crear cuerpos docentes integrados, capaces de operar en alto nivel, dentro de un sector específico, sin la preocupación de cubrir enciclopédicamente todas las ramas del conocimiento"<sup>(21)</sup>. (El subrayado es mío)

Este es el contexto educativo en el cual se difunde, de manera masiva, la interpretación de la teoría mecánicocuántica. Con grandes especialistas de un tema específico y auténticos desconocedores del resto de los campos de la ciencia.

Esto no significa, como retomaremos más adelante, que no existan excepciones separadas de la regla general. Lo que aquí nos interesa reiterar es el bagaje cultural que se impone y no las individualidades separadas del común denominador.

#### *La universidad napoleónica*

Otra de las estructuras educativas que surgen en Europa Occidental es la universidad napoleónica, en la cual también se formaron algunos de los físicos que contribuyen a la consolidación de la mecánica cuántica y a la difusión y discusión de la interpretación ortodoxa de esta teoría.

Este tipo de universidad aparece en Francia y tiene relativamente poca influencia en el resto de Europa, pero comparte como el resto de estructuras educativas las características profesionalizantes que hemos venido mencionando.

"La enseñanza superior francesa, luego de la revolución y por un período de cien años (1793-1896), no fue más que un sistema de escuelas superiores autárquicas -que no respondían al nombre de universidad- organizadas como un servicio público nacional tal como la enseñanza primaria, la secundaria y la normal. Entre 1806 y 1808, Napoleón implantó un vasto monopolio educacional buscando unificar políticamente y uniformar culturalmente el archipiélago de provincias, en una nueva entidad cohesionada, la Francia republicana.

Su núcleo básico estuvo formado por las escuelas autónomas de derecho, medicina, farmacia, letras y ciencias. Separadamente, se estructu-

raron la Escuela Politécnica, destinada a la formación de los cuadros técnicos, y la Escuela Normal Superior, encargada de crear los educadores que actuarían como difusores, en toda la nación, de la nueva cultura erudita de base científica"<sup>(22)</sup>.

Este sistema dividido en unidades académicas autónomas entre sí, que es la precursora de la estructura de escuelas y facultades, tuvo un éxito inicial que se puede ver en el florecimiento de las ciencias en Francia en las primeras cuatro décadas del siglo XIX.

Resultado de la influencia renovadora de la Revolución Francesa, la universidad napoleónica implantó un humanismo fundado en la ciencia, como prometido con la problemática nacional y con la absorción y difusión del nuevo saber científico y tecnológico en que se basaba la revolución industrial<sup>(23)</sup>.

Integradora de los fundamentos culturales de la formación social capitalista en ascenso, la universidad napoleónica es, al igual que las otras estructuras que hemos revisado, forjadora de la ideología liberal y de la tendencia profesionalizante.

Sintetiza mejor que cualquier otra la tendencia de las profesiones, funda lo que ahora se llama la educación para el prestigio -donde los títulos académicos sustituyen a los títulos nobiliarios-, se le atribuye la concepción educativa que fomenta la memoria y conserva una influencia innegable en las estructuras basadas en escuelas y facultades, ampliamente esparcida en todo el mundo.

### *El modelo departamental*

Antes de empezar a hablar de este modelo es necesario aclarar que no se trata de un concepto de estructura de carácter nacional, con lo cual queremos decir que -para los fines de este trabajo- no se trata del producto específico de un proyecto nacional de alguna sociedad determinada o de algún estado educador en especial.

Si bien "el departamento es una estructura nacida en la Universidad de Berlín, cuando Wilhelm Von Humboldt trata de introducir el estudio de la química como disciplina universitaria"<sup>(24)</sup>, lo cierto es que posteriormente se esparce por diversos países y se acopla a distintos proyectos de nación.

Este modelo se ha utilizado en Estados Unidos, en la Universidad Central de Venezuela y en la Universidad de Leningrado, entre otros muchos ejemplos que se podrían citar. Lo cual indica su difusión paulatina por diversos países.

La característica básica del modelo está en que permite el desarrollo de disciplinas determinadas, " ... se puede decir que el proceso de departamentalización trae consigo dos reformas principales: una académica, enfoca la actividad universitaria hacia la investigación y a la interdisciplina; administrativa otra, reorganiza la docencia y enseñanza en una forma más expedita y ayuda a elevar los rendimientos de maestros y alumnos"<sup>(25)</sup>

En este sentido, cuando se recurre a este modelo, se promueve con una resuelta intención de superar las deficiencias del sistema de escuelas y facultades.

Sin embargo, el desarrollo del sistema departamental no debe confundirse con las características específicas del surgimiento y consolidación de los proyectos educativos arriba mencionados. En realidad, si el modelo departamental surgió en Alemania desde principios del siglo XVIII, eso no implica que se inició con las características que ahora se proponen para él. Más aún, el capitalismo europeo y estadounidense no estaba suficientemente desarrollado para plantear como exigencia la interdisciplinaria en la educación superior y no es sino hasta el presente siglo, cuando los problemas que requieren solución se multiplican en complejidad y cuando la demanda de profesionales empieza a requerir la integración de especialistas diversos, que hablan lenguajes distintos entre sí.

Por consiguiente, si bien es verdad que la educación superior estadounidense creció bajo el principio de resolver problemas concretos, de allí no se desprende que buscó la interdisciplinaria que ahora se asocia al modelo departamental, pues la planta productiva y el desarrollo nacional no lo requerían. Lo mismo ocurre con el resto de países.

Por tanto, y para los propósitos que aquí nos interesan, podemos afirmar que el modelo departamental incorpora la búsqueda de interdisciplinaria apenas en las últimas décadas.

Más aún, ha chocado con la formación de los docentes e investigadores, que crecieron con otros tipos de universidad, y también se ha enfrentado a las expectativas del estudiantado surgido de una sociedad en la que

se inculca la importancia de ser: ingeniero, abogado, médico, etc.

La aplicación de modelos departamentales como forma para reorientar las estructuras de la educación superior, que han entrado en la obsolescencia como resultado de la crisis de las profesiones liberales<sup>(26)</sup>, no está suficientemente difundida ni se puede decir que es exitosa.

Por consiguiente, si bien el modelo departamental es defendible como propuesta útil para eliminar la separación exagerada de profesiones en que ha incurrido la civilización, y si bien la búsqueda de interdisciplinariedad sería parte importante de un intento para revertir la formación de hombres de ciencia ignorantes de cualquier cosa que no sea su campo, ese esfuerzo no está generalizado ahora en los países industrializados, que vienen dictando las modas en investigación y que es donde las teorías físicas prenden o se rechazan.

#### LAS DOS INTERPRETACIONES DE LA TEORIA CUANTICA

Prácticamente cualquier texto de mecánica cuántica plantea la llamada interpretación ortodoxa de la función de onda, motivo por el cual no entraremos demasiado en el análisis de la misma en este trabajo. Por lo tanto, no siendo nuestra intención profundizar en este aspecto, sólo lo trataremos por completez, a fin de disponer del espacio suficiente para el verdadero objetivo de este artículo.

Las corrientes interpretativas principales de la mecánica cuántica son la ortodoxa y la estadística. Ambas coinciden en el contenido probabilístico de la interpretación mecanocuántica, pero difieren en la aplicación que se hace de este concepto en el siguiente aspecto:

- a) La interpretación ortodoxa sostiene que la información proporcionada por la teoría cuántica es de aplicabilidad a cada una de las partículas o sistema físico bajo consideración.
- b) La interpretación estadística afirma que la información extraída mediante la teoría cuántica no nos es útil para describir partículas en lo individual, sino ensambles representativos de las mismas.

Dada la forma en que suele presentarse el concepto de probabilidad en la enseñanza de la misma, las dos aseveraciones anteriores parecen

equivalentes y la discusión sobre las supuestas diferencias es aparentemente bizantina, pero de ello hablaremos más adelante.

La mecánica ondulatoria de Schrödinger ofrece una ecuación cuya solución nos proporciona toda la información que la teoría cuántica nos puede ofrecer sobre el sistema físico bajo consideración. Pero por supuesto, esto no es planteado de esta manera en los libros de texto, por el contrario, se nos dice que la función de onda "contiene" toda la información "medible" en el sistema.

Si definimos a la física como una ciencia interesada sólo en hechos observables, sin profundizar en el punto y con la mayor ingenuidad positivista posible, estaremos de acuerdo en que el campo de conocimientos de la teoría cuántica nos ofrece todo aquello que podemos necesitar para una explicación del mundo microscópico, pues estos hechos se configuran precisamente con aquello que es medible.

En este sentido la individuación que se hace de la aplicación de la función de onda, en el sentido de que su descripción corresponde a una partícula o sistema físico, pierde importancia y no son percibidas dos cosas:

- 1) Del formalismo matemático no se desprende necesariamente la aplicabilidad individual de la descripción.
- 2) No es lo mismo decir que la función de onda contiene toda la información medible del sistema, a sostener que dicha función de onda es la portadora de la información que la mecánica cuántica nos puede ofrecer.

Más aún, estas dos aseveraciones no son condición necesaria en la teoría cuántica, sino que son introducidas por los físicos con base en su bagaje cultural.

La interpretación ortodoxa de la teoría cuántica lleva con frecuencia a sostener afirmaciones que tienen un carácter inicial de choque contra la intuición y el sentido común que ha desarrollado el estudiante de física en su contacto con la mecánica clásica.

Dos de estas afirmaciones son las siguientes:

- a) La interpretación del principio de Heisenberg en el sentido de que se trata de una expresión matemática que cuantifica la imposibili-

dad de medir con toda precisión dos variables conjugadas.

- b) El carácter -casi místico- con que se trata el experimento de difracción corpuscular en la doble rendija.

A nuestro juicio, estas afirmaciones se desprenden de la pretensión de aplicar la teoría cuántica a una sola partícula y no a un ensamble estadístico útil para representar su comportamiento aleatorio. Y también, al carácter de condición indispensable que se le atribuye al precepto de medibilidad para que una teoría física se precie de serlo.

Más aún, se extrapola este requisito hasta el grado de exigir que la teoría sólo deba contener elementos cuya medibilidad puede asegurarse<sup>(27)</sup>

La afirmación corrientemente aceptada de que es imposible dar una descripción del electrón en el espacio fase, que esté en concordancia con el experimento, corresponde también a la posición que se toma en la aseveración 2 arriba señalada.

Una interpretación menos conocida entre la comunidad de físicos es la existencia de la interpretación estadística de la teoría cuántica como una propuesta alternativa que ofrece su propia secuencia de conclusiones y sus propias ventajas, en caso de que se esté de acuerdo con los fundamentos filosóficos que subyacen en ella.

Desde este punto de vista, la interpretación de la función de onda para una sola partícula, carece de sentido. En cambio, se propone que la teoría cuántica sólo contiene información estadística, útil, por consiguiente, cuando el fenómeno individual es repetido muchas veces, o cuando simultáneamente ocurren una gran cantidad de ellos.

No es nuestro interés entrar a analizar las dos concepciones de la teoría cuántica ni contrastarlas entre sí<sup>(28)</sup>, sino fijar nuestra atención sobre un hecho específico: es la interpretación ortodoxa la más aceptada y difundida. El hecho de que así sea no se explica por las aseveraciones simplistas de que es la más aceptada por ser la correcta, o bien, de que es la más difundida porque esa fue la posición original de sus creadores.

Tales afirmaciones distan mucho de ser verdaderas, pues no se puede reconocer que sea la interpretación correcta cuando los físicos ni siquiera se han puesto de acuerdo en las bases sobre las cuales juzgar que alguna de las dos debe serlo. Por otra parte, tampoco es la posición ori-

ginal de los creadores de la teoría cuántica; pues si bien Born, Heisenberg, Pauli y Bohr, entre otros, estuvieron de acuerdo con esa concepción, Schrödinger, De Broglie, Einstein, etc., nunca gustaron de la interpretación ortodoxa.

La explicación es otra bien distinta, y corresponde, desde nuestro punto de vista, a las corrientes de pensamiento de moda en el mundo intelectual de la época, fiel reflejo del sistema social sustentante de tales posiciones filosóficas. Este es el meollo del asunto para este trabajo.

#### SOBRE EL CARACTER POSITIVISTA DE LA INTERPRETACION ORTODOXA

Las distintas interpretaciones de la mecánica cuántica fueron cristalizadas en el célebre debate entre Bohr y Einstein. Según algunos autores las diferencias entre ambos se fundamentan en concepciones filosóficas distintas, más concretamente en la imposibilidad de reconciliar el materialismo y el idealismo. Según otros pensadores la controversia entre ambos pensadores se debió a la dificultad de alcanzar una síntesis consistente de los conceptos de la relatividad con los de la mecánica cuántica<sup>(29)</sup>

Efectivamente se puede apreciar, en la discusión de Einstein y Bohr, algunos aspectos que refuerzan la última de las hipótesis arriba mencionadas.

Las dificultades para lograr una síntesis consistente de los conceptos de la relatividad especial con los de la teoría cuántica se ven especialmente claros en la llamada "paradoja de Einstein, Podolsky y Rosen".

No es nuestra intención entrar a discutir esta supuesta paradoja<sup>(30)</sup> y sugerimos en cambio el análisis de la literatura especializada para ello<sup>(31)</sup>, sólo nos concretaremos a especificar que se trata de inferir conclusiones sobre una magnitud física en una región A, a partir de mediciones realizadas en otra región B especialmente separada.

En la discusión de la llamada paradoja se involucran efectos de acción a distancia y de propagación de la información a velocidad prácticamente infinita. Lo cual resulta contradictorio con el carácter finito de la velocidad de propagación de cualquier señal en el espacio tiempo, aspecto de importancia fundamental en la construcción de la teoría de la relatividad.

También ocurrió que en 1927, en el Quinto Congreso Solvay, Einstein se refirió a la incompatibilidad de la reducción del paquete de onda con el principio de la relatividad.

Para tal fin utilizó el experimento de difracción de electrones a través de la doble rendija: Conforme a las condiciones físicas de este arreglo experimental, la teoría cuántica predice una  $\psi(\bar{x})$  que toma valores distintos de cero en diversas partes de la pantalla en que impactan las partículas. Si pensamos en un electrón que viaja hacia dicha pantalla, tendremos -de acuerdo a la versión ortodoxa- que el electrón tiene asociada la función  $\psi(\bar{x})$  arriba mencionada. Pero en el momento del impacto, se tiene probabilidad 1 para la localización de la partícula en un punto determinado. Esto se interpreta como una reducción del paquete de onda, que es un extraño procedimiento resultante del acto de medir y que da por consecuencia -en este caso- una delta de Dirac  $\delta(\bar{x}_0)$  como función onda en el momento de impacto, donde  $\bar{x}_0$  es el punto donde el electrón choca con la pantalla.

Súbitamente toda la pantalla "se entera" de la nueva probabilidad asociada a cada uno de sus puntos, lo cual da por consecuencia una propagación instantánea de la información. Que Einstein objetó en aquella ocasión.

Regresando a la llamada "Paradoja de EPR", Max Born explicó<sup>(32)</sup> que el argumento de Einstein no tomaba en cuenta el concepto de coherencia, según el cual los objetos separados en el espacio, pero con un origen común, no tienen porqué ser independientes. Los análisis diversos y las consideraciones posteriores a esta discusión pueden encontrarse en la literatura especializada, a la cual remitimos al lector para no desviarnos del objetivo central de este trabajo.

Para los fines que aquí nos proponemos, sólo extraeremos como conclusión de lo anterior lo siguiente:

Las distintas posiciones en torno a la discusión de los físicos sobre la llamada paradoja de EPR, no demuestran que las discrepancias entre los conceptos involucrados en la teoría cuántica y en la relatividad sean el único fundamento -ni mucho menos el más importante del debate Bohr-Einstein. Más aún, ellos mismos siempre llevaron su discusión hasta posiciones filosóficas que

involucran criterios de realidad distintos y que no pueden sustentarse en forma cerrada dentro del contexto de la física.

Partimos, por lo tanto, de la base de que las diversas interpretaciones de la teoría cuántica se sustentan sobre bases filosóficas distintas y de que sus conceptos se gestan -como adelantamos anteriormente- en el bagaje cultural de la comunidad de los científicos.

Sobre la base de este principio general sostenemos que detrás de la interpretación ortodoxa subyace la teoría epistemológica del positivismo. Las aseveraciones de Pauli en el sentido de que no es posible rechazar el postulado " ... esencial para la mecánica cuántica ... que el estado de un sistema se define solamente por especificación de una ordenación experimental"<sup>(33)</sup>; la oposición de Born y Pauli, entre otros, a aceptar la hipótesis de Einstein de que "los conceptos de la física se refieren a un mundo exterior real, es decir, se establecen ideas relativas a cosas (cuerpos, campos, etc.) a las que se atribuye una 'existencia real' independientemente del sujeto que las percibe, ideas que, por otra parte, han sido puestas en relación lo más segura posible con los datos que proporcionan los sentidos"<sup>(34)</sup>, no son sino muestras de un positivismo inconscientemente adoptado, como parece ser el caso de Born y se deja ver en las cartas de Pauli.

La afirmación de Pauli en el sentido de que cada medición posicional anula la posibilidad de utilizar todas las mediciones anteriores<sup>(35)</sup> es una extrapolación interesante pero reveladora de cómo el positivismo había sido adoptado por los teorícuánticos defensores de la interpretación ortodoxa.

Decir que las interpretaciones de la función de onda son irrelevantes, en el sentido de que hablar de probabilidad  $\frac{1}{2}$  de que ocurra un evento determinado es solo una "manera de hablar", y que su significado real es precisamente que repetir el fenómeno bajo consideración  $10^6$  veces dará como resultado que aparezca  $.5 \times 10^6$  el evento de nuestro interés, tampoco es una solución que soslaya la discrepancia de fondo entre las dos interpretaciones.

El propio Max Born llegó a sostener<sup>(36)</sup> en algún momento que sólo se trataba de formas de hablar. Sin embargo, las conclusiones que se desprenden de ambas posiciones son diametralmente opuestas, muestra de ello es el siguiente párrafo:

"En la física clásica la probabilidad está ligada con el análisis de la estructura de los sistemas formados de enorme cantidad de partículas que 'no se hayan en interacción' ... En la física cuántica el concepto de la probabilidad ya está ligado con el análisis y la expresión de la estructura de cada micropartícula, ..." <sup>(37)</sup>.

Desde el punto de vista de la historia reciente de la física, puede inferirse que las dos posiciones interpretativas han dado lugar a actitudes opuestas frente a la teoría cuántica. Por una parte, la defensa de la interpretación ortodoxa de la mecánica cuántica se transforma con frecuencia en una defensa ciega de la teoría como verdad última acerca de las micropartículas.

Por otra parte, la interpretación estadística tiende a conservar -como se concluye de la historia reciente- la posibilidad de llegar a manejar una teoría subyacente a la mecánica cuántica.

Queremos decir con lo anterior, por tanto, que las interpretaciones deben reconocerse como claramente diferenciadas y que sobre la ortodoxa subyace la filosofía positivista, como puede inferirse de las afirmaciones de Pauli -por lo demás comúnmente aceptadas- y su clara identificación con las hipótesis sostenidas por el positivismo.

#### EL BAGAJE CULTURAL QUE INDUCE LA INTERPRETACION ORTODOXA

El liberalismo y el positivismo no son corrientes de pensamiento que se sustentan mutuamente. Más aún, profundizando en el estudio de ambos, puede encontrarse que cada una de ellas contiene fundamentos innecesarios para la otra.

Pero esta ausencia de concordancia conceptual no implica que en el proceso histórico de los siglos XIX y XX no hayan jugado un papel ideológico complementario. Es en este último hecho donde fijaremos nuestra atención en forma preponderante.

Aunque no se trata de corrientes de pensamiento equivalentes, sí contienen elementos de utilidad mutua para ambos, lo cual facilitó el rol complementario que -sostenemos- han cumplido en los últimos dos siglos. Sobre algunos de estos elementos fijamos nuestra atención enseguida:

- a) Siendo el liberalismo una ideología hecha por y para el sistema

capitalista, y necesitando este modo de producción a la ciencia para su desarrollo, el positivismo es la corriente de pensamiento que la magnifica y cifra en ella una esperanza que Abbagnano se atreve a llamar romántica.

- b) Necesitando el liberalismo de una naturaleza humana inalterable, postula la equivalencia de las leyes del mercado con las de la física, supuesto sobre el cual construyen sus visiones de la sociedad los pensadores positivistas.
- c) Por otra parte, el positivismo tiende a sostener un "enfoque positivo" del sistema capitalista, lo cual hace que esta corriente de pensamiento se plasme en literatura de fácil circulación, sin el bloqueo y la censura que si existió para otras. Inclusive, esta característica del positivismo se traduce en una facilidad para la circulación de la literatura en la cual se sostiene y desarrolla como corriente de pensamiento.
- d) Por su parte, el liberalismo tiene también ese carácter, aunque en este caso son más obvias las razones, pues se trata de una ideología construida para defender el sistema.

Las afirmaciones c y d son de importancia fundamental, pues ello permitió que estas corrientes de pensamiento inundaran los círculos intelectuales de Europa y de Estados Unidos, donde se estableció lentamente a través de las instituciones educativas y posteriormente se esparció por el resto del mundo. La veracidad de esta afirmación se sustenta en la importancia que la difusión de la información ha tomado en los tiempos modernos, pues la proliferación de la literatura, de las conferencias, etc. -y ahora de los medios televisivos y de radio- no guardan una actitud neutral ni están exentas de todo un sistema de valores.

Dentro del desarrollo histórico al que hacemos referencia ocurrieron fenómenos sociales que para los fines de este trabajo podríamos clasificar en dos grupos:

PRIMERO: En el desarrollo económico mundial adquirieron un papel preponderante las empresas transnacionales, las cuales entraron en competencia entre sí y fundaron su fortaleza en su impacto sobre las finanzas, la política y la investigación y desarrollo de patentes, proce-

sos, etc., que llevaron a mejorar sus productos en calidad y precio elevando la productividad del trabajo. Estas empresas lograron dominar determinados campos del conocimiento científico, imprimiéndoles el contenido que sus intereses competitivos requerían dentro de una lógica de inversión gastada e innovación obtenida.

SEGUNDO: En el plano de la política mundial ocurrieron las dos grandes conflagraciones mundiales acompañadas de períodos de tensión, siendo el estado de guerra fría posterior a 1945 sólo una continuación del clima candente que conlleva a esta política general. Esta situación crea una atmósfera de presión sobre la ciencia, pues la industria del armamentismo razona también con una lógica de inversión - innovación.

En todo este proceso la ciencia juega un papel muy importante, pues en la cadena de investigación en ciencia básica y generación de nueva tecnología se fincan las esperanzas de vencer, dentro de una circunstancia de competitividad que obliga a la velocidad en la producción de nuevos conocimientos y donde la investigación se centra en aquellos aspectos de importancia para la industria, de modo tal que con el apoyo o negativa de financiamiento se permite el desarrollo de un campo o se obstaculiza irremediablemente.

En este aspecto el positivismo juega un papel complementario muy interesante. Por una parte, la confianza puesta en las ciencias por parte de esta corriente de pensamiento parece respaldarse con el desarrollo inusitado de la industria, lo cual se ve apoyado con una ideología consumista que confunde el bienestar social general con la capacidad de consumo y desperdicio. Por otra parte, el positivismo y su visión romántica de la ciencia proporcionan una visión de la misma en la cual se le reconoce un cierto prestigio, misterio, pureza, objetividad y aparente neutralidad.

Esta serie de hechos y repercusiones sociales plantea un conjunto de consecuencias determinantes en el desarrollo científico:

- 1) La presión sobre la ciencia se traduce en un incremento de la exigencia de cálculos precisos en concordancia con el experimento.
- 2) La capacidad predictiva de la ciencia se traduce en la calidad de las teorías para proporcionar cálculos específicos.
- 3) La ciencia como una visión del mundo, donde se relacionan elementos

de la teoría con los conocimientos de la realidad, pierde importancia.

- 4) Se desnuda a la ciencia de su contenido filosófico y se le convierte en un formalismo capaz de calcular.
- 5) La utilidad de las teorías científicas se mide en función de los resultados que los formalismos ofrecen y no con base en la claridad de la visión que dan del mundo.
- 6) La forma de medir la utilidad de las teorías introduce en la ciencia una especie de criterio de eficiencia capitalista.
- 7) Todo lo anterior da como consecuencia una ausencia de autorreflexión de la ciencia.

Las siete consecuencias arriba enumeradas no implican la inexistencia de pensadores que buscan impedirlo, lo que ocurre es que éstos no son la mayoría, pues la masa de la nueva generación de científicos sigue fielmente el comportamiento inducido por las empresas que dan empleos. Diríamos, en palabras del sociólogo Durkheim, que el proceso social ejerce un efecto promedio sobre los estudiosos de la ciencia.

Las consecuencias mencionadas se complementan con las estructuras educativas que hemos revisado, pues éstas plantean el ámbito educativo para que el fenómeno ocurra. Las circunstancias que estos modelos de universitarios plantean, como reflejo de las formaciones sociales que les dan vida, son las siguientes:

- I) Dan lugar a instituciones educativas con islas de trabajo científico.
- II) Consolidan la división del trabajo en el ámbito científico y apoyan el especialismo.
- III) Contribuyen a la parcelación del conocimiento. Aspecto que se separa de la intención unificadora original.
- IV) Se crea así el círculo cultural para aceptar en forma acrítica una ideología y su filosofía subyacente.
- V) La masa de científicos naturales tiene poca tendencia a la relación entre los aspectos filosóficos y sociales con su ciencia.
- VI) Como instituciones educativas, plantea una escala de grados y sustitutos de los títulos nobiliarios hacia los cuales hay que apun-

tar. Fiel reflejo de la tendencia profesionalizante que hemos venido mencionando.

- VII) El estudio de los aspectos complementarios de su ciencia, son considerados por el estudiante y el maestro como una pérdida de tiempo.
- VIII) La masa de estudiantes aprende a hacer cálculos y realizar mediciones, digiere la concepción operativa de su ciencia y se apresta a ejercer su profesión como especialista con conocimientos profundos en un tema y aficionado -a lo sumo- en todos los demás.

La introducción del modelo departamental choca con esa ideología y no logra poner en práctica sus propósitos relacionales ni tendencias multi e interdisciplinarias, pues se enfrenta a una sociedad contraída sobre la base arriba mencionada.

Esta educación recibida los lleva a comprender de inmediato que no tiene sentido habérselas con teorías donde aparecen entes no contrastables con la realidad, de ahí que el discurso de los teorícos cuánticos ortodoxos prende de inmediato en ellos. Aficionado apenas a las corrientes filosóficas, el físico promedio no alcanza a captar -porque no está siendo educado para eso- la profundidad filosófica de la afirmación positivista arriba señalada.

Cuando se plantea como hipótesis *sine qua non* la necesidad de que un estado de un sistema se define solamente por especificación de una ordenación experimental, el físico promedio extrapola y concluye que así tiene que ser y no podía ocurrir de otra manera, pues nadie pone en tela de juicio que la física es una ciencia experimental. Imbuido dentro de un proceso educativo donde no recibe los elementos filosóficos y sociales necesarios, el físico promedio no puede captar que la hipótesis aparentemente ingenua y evidente es en el fondo extremadamente multifacética y lleva con suma facilidad a posiciones idealistas<sup>(38)</sup>.

La estructura de todo el aparato conceptual de la interpretación ortodoxa guarda en sus inicios ese mismo carácter, las dificultades para los físicos vienen después, cuando tienen que meterse en la cabeza que un electrón interactúa consigo mismo al pasar por un par de rendijas, cuando resulta que la partícula está potencialmente en cualquier parte en la que  $\psi(\bar{x}) \neq 0$ ; pero para este instante, la educación y su bagaje cultural ya no

les han dejado otra alternativa y terminan por generalizar que toda la física moderna es así de extraña, que al fin y al cabo con sus estudios de relatividad especial ya han concluido que el sentido común es mentiroso, aunque con frecuencia se borra la línea que separa la intuición del sentido común.

Un hecho no menos interesante es que la estructura misma de las carreras de física inducen un sostenimiento de la interpretación ortodoxa, ya convertida en tradición.

Ya hemos dicho lo que ocurre con los físicos empleados en la industria, en cuanto a aquellos que laboran o se forman en la educación superior, se encuentran en un sistema de trabajo cuya característica ya hemos mencionado.

#### CONCLUSIONES

Además de las conclusiones expuestas en el transcurso de este trabajo, necesarias por concepto de completez y coherencia del mismo, es nuestro interés llamar la atención sobre las siguientes:

- 1) Conforme a las presentaciones usuales, el debate Bohr-Einstein y demás discusiones conceptuales entre los creadores de la teoría cuántica ofrecen un ganador y una conclusión: Niels Bohr y la interpretación de Copenhague.
- 2) La interpretación ortodoxa, como sintetizadora de las corrientes de pensamiento en que se han venido formando los físicos de la época, parte de supuestos aparentemente evidentes.
- 3) Los supuestos son tomados en forma ingenua por el físico promedio.
- 4) A esa actitud ingenua del físico promedio coadyuvan los modelos de instituciones de educación superior y el bagaje cultural que el físico toma de su educación no formal.
- 5) Las carreras de física tienden a tener una estructura que no sólo coadyuva a lo mencionado en los puntos anteriores, sino que es el vehículo por medio del cual se instrumentan todas las acciones que impiden al físico superar aquello que ha tomado de la educación no formal.
- 6) El bagaje cultural se conforma, por regla general, con la visión

liberalista de la sociedad, la fundamentación filosófica del positivismo, la tendencia profesionalizante de la civilización y las estructuras universitarias en que el físico se forma.

- 7) Por consecuencia, la aceptación de la interpretación ortodoxa tiende a convertirse en una tradición, pues la situación aquí plantea da se retroalimenta.
- 8) En este contexto, la presión del sistema industrial sobre la ciencia también juega un papel fundamental al impedir la distracción de la atención de los físicos hacia aspectos puramente conceptuales.

Finalmente, cabría la siguiente reflexión: si esto ocurre con el fundamento conceptual de la teoría cuántica, cabe preguntarse por la generalidad con que se presenta este fenómeno en toda la ciencia física. ¿Hasta qué punto estamos asistiendo al afianzamiento de un concepto diferente de ciencia?

#### REFERENCIAS

1. N. Abbagnano, *Diccionario de Filosofía*, FCE, pág. 913.
2. M. Weber, *Sobre la Teoría de las Ciencias Sociales*, La Red de Jonás Premia Editora, 1981, pág. 7.
3. En especial, Hessen señala cómo Newton asocia un carácter místico a la existencia de un orden específico en la naturaleza.
4. M. Löwy, *Sobre el Método Marxista*, Grijalvo, pág. 15.
5. I. Campos, Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, hace ver cómo el positivismo tiene esa característica.
6. G. Lechteim, *Breve Historia del Socialismo*, Alianza Editorial, pág. 25.
7. M. Weber, *La Ética Protestante y el Espíritu del Capitalismo*, La Red de Jonás Premia Editora 1981, pág. 51.
8. Estas serían la astronomía, la armonía, las matemáticas, la óptica y la estática, según T.S. Kuhn.
9. T.S. Kuhn, *La Tensión Esencial*, Fondo de Cultura Económica, pág. 85.
10. Ver referencia 9, pág. 88.
11. Ver referencia 9, pág. 89.
12. D. Ribeiro; Modelos Estructurales de Universidad en "La Universidad Latinoamericana"; Editorial Universitaria, Chile, 1971; pág. 77.
13. Ver referencia 12, pág. 79.
14. Ver referencia 12, pág. 79.
15. Ver referencia 12, pág. 80.
16. Ver referencia 12, pág. 74.
17. A. Puiggros, *Imperialismo y Educación en América Latina*, Editorial Nueva Imagen, pág. 107.
18. Ver referencia 12, pág. 84.

19. Ver referencia 12, pág. 85.
20. R. Merton, *Teoría y Estructura Social*, F.C.E. 1964, pág. 212.
21. Ver referencia 12, pág. 86.
22. Ver referencia 12, pág. 67.
23. Ver referencia 12, pág. 68.
24. J. Castrejón Diez, *El Concepto de Universidad*, Ed. Océano, pág. 174.
25. Ver referencia 24, pág. 177.
26. T. Fanfani, *Las Profesiones Modernas: Crisis y Alternativas*, Foro Universitario No. 57, pág. 17.
27. El célebre artículo de Heisenberg de 1925, en el cual plantea por primera vez la regla de multiplicación que fue base para construir la mecánica matricial, contiene esta aseveración desde un inicio. También Pauli sostiene en 1954, en carta a Born, que "... uno no debe quebrarse la cabeza acerca de si algo de que no se puede saber nada existe de todos modos".
28. El libro de M. Jammer, *Philosophy of Quantum Mechanics*, contiene una explicación amplia del desarrollo de diversas interpretaciones de la teoría cuántica, las diversas posiciones filosóficas se observan en la "Correspondencia (1916-1955)" de Einstein y Born, la Introducción a la Mecánica Cuántica de L. de la Peña presenta una clasificación útil de las distintas interpretaciones y la Tesis de I. Campos (Facultad de Ciencias UNAM) desarrolla un sólido análisis de las implicaciones filosóficas de la teoría cuántica.
29. M. Jammer, Op. Cit., pág. 156.
30. L. de la Peña, por ejemplo, prefiere llamarla Teorema de EPR.
31. Ver referencia 28.
32. Correspondencia Born-Einstein, carta del 9 de Mayo de 1948.
33. Ver referencia 32, Carta de Pauli a Born, del 17 de Marzo de 1954.
34. Ver referencia 32, Carta de Einstein a Born, 5 de Abril de 1948.
35. Ver referencia 32, Carta de Pauli a Born, del 31 de Marzo de 1954.
36. Ver referencia 32, Carta de Born a Einstein, 4 de Septiembre de 1950.
37. Y. Sachkov, Probabilidad en las físicas Clásica y Cuántica, Filosofía y Problemas Conceptuales de las Ciencias Contemporáneas, Academia de Ciencias de la URSS, Moscú 1979, pág. 184.
38. El autor considera que el positivismo es una modalidad más de idealismo, pero no considera conveniente entrar en el análisis del punto.