
LA INTEGRACIÓN DE APORTES INTERDISCIPLINARIOS EN LA GENERACIÓN DE UNA NUEVA DISCIPLINA: LA EDUCACIÓN EN FÍSICA- IMPORTANCIA PARA LA FORMACION DE PROFESORES

LEONOR COLOMBO DE CUDMANI Y MARTA PESA

Instituto de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán - Argentina.

Introducción

En este trabajo nos proponemos argumentar para sostener que la labor de investigación y desarrollo realizada en las últimas décadas sobre el tema de Educación en Física ha superado la instancia del campo de trabajo intesdisciplinario para transformarse en una nueva disciplina donde los aportes de las otras ciencias y disciplinas se han integrado de tal modo que sus propias estructuras se han desdibujado para dar lugar a una nueva estructura capaz de generar sus propios programas de investigación.

Comenzaremos por procesar términos analizando en primer lugar cuáles son los rasgos que distinguen a una disciplina en general y a una disciplina científica en particular.

También analizaremos distintas concepciones que suelen darse en educación al término interdisciplinariedad tratando de hacer un análisis crítico de cada una de ellas.

Los aportes de las distintas ciencias, en particular de los dos grandes troncos fundamentales: la Física y las Ciencias de la Educación, se funden en una nueva estructura que no puede considerarse ni como mera suma de elementos de otras áreas, ni como restricción a un campo de estudio común a todas ellas, sino como un nuevo sistema, como un nuevo "programa de in-

vestigación".

Si esto es así esta nueva disciplina se constituye en un núcleo imprescindible en la formación de los docentes, fundamental si ellos han de desempeñarse como docentes e investigadores creativos y eficientes, capaces de incorporarse a las propuestas de cambio generadas por los avances de la disciplina.

En particular esta nueva estructura, al generar nuevos modelos y teorías, elabora nuevos léxicos y nuevas sintaxis, al mismo tiempo que modifica los significados en la medida que se modifican los contextos. Si esto es así los docentes deben estar formados de modo de ser capaces de asimilar estos cambios.

De otro modo, la transferencia eficiente a la labor de aula se hará muy difícil. Puestos en la necesidad de incorporar nuevas ideas a su trabajo cotidiano, por imposiciones institucionales o para no parecer desactualizados, caerán en la superficialidad y el estereotipo.

El análisis de las currículas tradicionales aún de algunos que se han planificado en los últimos años, parece mostrar que esta integración no es tenida en cuenta. Las materias previstas pertenecen claramente a algunas de las áreas principales, sin que se den mecanismos de interacción e integr-

ción.

En este trabajo se proponen algunas actividades y materias que, incluidas en el curriculum de las carreras de profesorado, permitirían lograr esa integración.

Algunas precisiones sobre el concepto de interdisciplinariedad.

A fin de establecer un contexto que clarifique las conceptualizaciones implícitas en la idea de interdisciplinariedad comenzaremos por delimitar con claridad qué entendemos por una disciplina.

Algunos autores definen una disciplina como "conjunto específico de conocimiento que tiene sus características propias en la perspectiva de la enseñanza, de la formación, de los mecanismos, de los métodos y de los contenidos" (Mitchand 1972).

Por su lado Boisot (1972) la define funcionalmente como un conjunto que se integra con tres clases de elementos:

- 1- objetos observables o formalizados, manipulados con la ayuda de métodos y procedimientos;
- 2- fenómenos, que son la materialización de las interacciones entre objetos;
- 3- leyes, que explican los fenómenos y permiten la previsión de operaciones e interacciones.

Mucho más rica y eficiente es, a nuestro criterio, la concepción de Phenix (1973) quien considera que las disciplinas surgen a partir de "una asociación de investigadores especializados que siguen reglas comunes de procedimiento en lo que respecta al alcance y los métodos de investigación. Estas reglas comunes aceptadas definen el carácter de cada disciplina". "Las disciplinas se manifiestan como tales por su fecundidad ... son signos visibles de formas de pensamiento que se han mostrado productivos. Han surgido por el uso de conceptos y métodos que tienen fuerza generadora.

Las disciplinas surgen a causa de que el conocimiento tiene ciertas estructuras de crecimiento que le son naturales (como actividad humana que es), pero no todas sus formulaciones son fructíferas, la mayoría no lo son... "sólo unos pocos métodos de investigación y unos pocos esquemas conceptuales poseen ese potencial de crecimiento" ellos son los que generan una disciplina.

De allí que, así entendidas, las disciplinas, como las especies, nacen, crecen, se reproducen y mueren, como lo muestra la historia de las ciencias.

Esta concepción dinámica de una disciplina se opone a la de entenderla como colección ordenada de formas de conocimientos fijos y tradicionales, establecidos mediante una creación especial, por el contrario son estructuras de investigación y comprensión que surgen del proceso continuo de desarrollo científico.

Esta concepción de la disciplina empalma con gran coherencia con la concepción de una disciplina científica que proporciona Lakatos (1983).

Para él la ciencia es "una poderosa maquinaria para la solución de problemas". A partir de un "núcleo firme" de hipótesis, se construye un cinturón protector de hipótesis auxiliares a partir de los cuales es posible formular interpretaciones, explicaciones y predicciones sobre la realidad cuyas verificaciones generan "programas de investigación" fértiles y dinámicos, capaces de desarrollar una disciplina. Este trabajo no pretende profundizar en este campo sino sólo marcar convergencias y sugerir líneas de reflexión. Para una mayor comprensión de esta concepción se incluye la referencia bibliográfica y el Apéndice I.

En lo que se refiere a la *interdisciplinariedad* es claro para todos que estamos hablando de una interacción entre dos o más disciplinas. Lo que no parece tan claro cuál es la índole de esta interacción. De hecho, ella asume muy diversas características.

En su forma más simple la interacción se limita a una suma de elementos de distintas ciencias (Rodríguez Dieguez 1980). Cuando una cierta área de estudio es analizada por expertos de distintas disciplinas, cada uno aporta un análisis a partir de las estructuras de su especialidad. Esta situación se caracteriza mejor con el nombre de *multi* o *pluridisciplina*. La actividad integradora de los individuos o los grupos podrá o no elaborar algún tipo de síntesis. Sólo en caso de haberse logrado esa integración profunda, cabría, a nuestro entender, hablar de *interdisciplina*.

Por otra parte Rodríguez Dieguez (1980) distingue distintas formas de interdisciplinariedad.

Cuando un amplio campo de estudio se va restringiendo y limitando a medida que se lo analiza desde los enfoques de las distintas disciplinas, hasta reducirlo al ámbito que es común a todas ellas, hablamos de *interdisciplinariedad restrictiva*.

Cuando la interacción es favorecida por el uso de métodos comunes a distintas disciplinas, hablamos de *interdisciplinariedad metodológica*. Por ejemplo cuando se emplean todas las disciplinas técnicas instrumentales como la estadística, la matemática o la lógica simbólica, etc.

Cuando algún concepto por sus características de generalidad es usado por distintas disciplinas para construir sus estructuras, por ejemplo energía, equilibrio, etc. se trata de *interdisciplinariedad conceptual*. Todas estas formas pueden ser útiles para generar ideas en la etapa heurística, pero difícilmente generarán programas de investigación, salvo cuando la interacción entre dos o más disciplinas es tan íntima que se produce la *fusión* de las estructuras para dar lugar a una *estructura nueva* que las trasciende y las perfecciona. Tenemos entonces una *interdisciplinariedad estructural*.

Esta integración generadora de una nueva estructura sustancial y sintáctica (ver

Apéndice II), fértil, capaz de generar conocimiento, predecir, explicar, e interpretar, constituye pues una *nueva disciplina*.

¿Es la educación en Física una nueva disciplina?

¿Qué podríamos argumentar a favor de esta hipótesis? Veamos: de acuerdo a las precisiones a las que hicimos referencia en el párrafo anterior ¿estaríamos ante un cuerpo de conocimientos fértil, dinámico, capaz de generar nuevos conocimientos?, ¿capaz de desarrollar un programa de investigación?

Consideramos que la respuesta a todas estas preguntas es afirmativo. Es claro que su grado de madurez y desarrollo no será comparable al de la Física, por ejemplo. En realidad son pocas las disciplinas científicas que lo han alcanzado.

Sin embargo creemos que en los últimos veinte años ha habido una actividad siempre en aumento en esta área, que se pone de manifiesto en muchos signos visibles:

* Se desarrollan escuelas de investigación en base a modelos sistematizados capaces de proporcionar marco de referencia a las investigaciones en el área tales como el de aprendizaje significativo de Cornell, con Ausubel, Novak y sus seguidores, específicamente referida al aprendizaje de las ciencias en situación de aula de clase; la teoría de cambio conceptual con Posner, Strike, Hewson; las investigaciones sobre estructuras cognitivas y sus implicaciones en el aprendizaje con Gilbert, Osborne,... para citar sólo algunas.

* Inicialmente, por la década del 70 estos trabajos sólo encuentran cabida en las publicaciones de la ciencia particular, en nuestro caso la Física. Tal como lo reconocen West y Pines, refiriéndose a la investigación sobre las estructuras cognitivas, "repentinamente en los finales de 1970 y en

muchos países, se inician estudios que involucran investigación en profundidad de un pequeño grupo de aprendices sobre la naturaleza de su conocimiento y su aprendizaje. Sólo recientemente estos estudios comienzan a encontrar su camino en la literatura, a menudo en revistas de la disciplina investigada, antes que en revistas de psicología o educación. Esto no es sorprendente. Estos estudios son, por su naturaleza, relativos a la disciplina. Las conclusiones de los investigadores sobre problemas inherentes al aprendizaje de conceptos físicos, por ejemplo, son de interés para todos los físicos que enseñan Física" (West, Pines, 1985). En la actualidad este problema ha sido superado. En todo el mundo se multiplican las revistas específicamente dedicadas a la investigación educativa en Física: *Studies in Science Education* (desde 1973), *Research in Science Education* (1970), *European Journal of Science Education - International Journal of Science Education* (1979), y en nuestras lenguas *Revista de Ensino de la Asociación Brasileira de Física*, *Enseñanza de las Ciencias de España*, *Revista de Enseñanza de la Física de la Asociación de Profesores de Física de la Argentina*, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*,...

* Se multiplican y difunden las reuniones, los congresos y los simposios que nuclean a los especialistas. Cuando en 1972 comenzamos a trabajar en esta área, debíamos esperar que los físicos nos abrieran algún espacio en sus reuniones anuales. Luego vinieron las Reuniones de Educación en la Física, siempre en nuestro país. Hoy las opciones son múltiples. Podemos elegir cada año ante una multiplicidad de posibilidades para presentar nuestros trabajos. Se amplía el ámbito: de las reuniones nacionales, como las REF en Argentina, y los Simposios nacionales de Ensino del Brasil, pasamos a las reuniones latinoamericanas: RELAEF IV (Mar del Plata) y RELAEF V (Gramado-Brasil), el Simposio-Escuela en Carlos Paz (Argentina) y de allí a los internacionales como las Conferencias Inte-

ramericanas de México y Caracas, los Seminarios sobre Misconceptions en Cornell (USA), el Workshop realizado en Bremen (Alemania), etc.

También se diversifican las temáticas: congresos sobre misconceptions, sobre enseñanza de la Óptica, de la Relatividad, sobre la formación de profesores de Física, sobre el rol del docente, sobre la Física para los ingenieros,...

* En muchos países a los Institutos de Física y a los de Ciencia de Educación se agregan los Institutos de Educación en Ciencia.

Ellos proporcionan un excelente ámbito institucional para el desarrollo de las investigaciones educativas en Física.

* Finalmente aparecen los programas de post-graduación. Se empiezan a multiplicar los programas de maestrías y doctorados en el área. ¿Puede pensarse en un signo más claro de que la Enseñanza de la Física ya alcanzó el estadio de *disciplina*. Creemos que la respuesta es obvia.

El problema que queremos encarar ahora se refiere a discriminar en qué medida ha incidido toda esta intensa actividad investigativa en la formación de los profesores de Física.

Implicancias en la formación de los profesores

La mayoría de los currículum de las carreras de formación de profesores de Física responde a una concepción sumativa. No se establecen conexiones entre los aspectos didácticos y los aspectos científicos.

Se pueden encontrar singularidades que responden a la diferente "ponderación" de cada una de las disciplinas incluídas en los programas pero, en cualquier caso parece generalizable la opinión que los currículum no logran siempre dotar al futuro profesor de criterios que permitan tomar decisiones, reflexionar sobre su accionar en el

aula, transferir resultados de la investigación educativa e, incluso, profundizar en sus aprendizaje científicos.

Basados en nuestra concepción de la Educación en Física como una interdisciplina hemos propuesto la incorporación al curriculum del Profesorado de Física en la Universidad Nacional de Tucumán de asignaturas que, a nuestro criterio, intentan producir una real fusión de las estructuras de las disciplinas componentes. Merecen destacarse las siguientes asignaturas:

- *Teorías de aprendizaje de la Física.* Esta asignatura tiene como objetivo estudiar las teorías contemporáneas de aprendizaje aptas para servir de marco de referencia a la enseñanza de la Física y, ejemplificarla con campos específicos de la disciplina de modo que se integren forma y contenido.

Así los modelos de enseñanza aprendizaje se analizan críticamente señalando sus límites de validez y sus ventajas y desventajas en el aprendizaje de la Física.

Para cada teoría analizada se ejemplifica con un contenido de la Física (ver Apéndice III). El alumno elabora una propuesta didáctica basada en el marco teórico en estudio. Se discuten las limitaciones de la propuesta, y los recursos instruccionales para su concreción.

- *Epistemología e Historia de la Física.* Esta materia pretende integrar la Física, la Epistemología y la Historia ejemplificando las fundamentaciones epistemológicas de la disciplina, sus metodologías de convalidación, sus soportes intra y extracientíficos, etc. por medio de la evolución histórica de sus estructuras conceptuales y sintácticas.

Por una parte se realiza una reflexión profunda de los fundamentos y estructuras conceptuales y metodológicas de la disciplina. Por otra parte, y a la luz de esa reflexión metodológica, se estudian las evoluciones y las revoluciones que históricamente condujeron a los sistemas teóricos de la Física actual (Cudmani L., Salinas J., 1989).

La experiencia recogida en casi 20 años con alumnos del Bachillerato y la Licenciatura en Física nos ha mostrado que esta asignatura es un instrumento eficaz para favorecer actitudes científicas y para ayudar a tomar conciencia del rol que juegan en la ciencia disciplinas supuestamente ajenas a ella.

La reflexión crítica sobre la construcción del conocimiento científico resulta una heurística muy importante para la formulación de estrategias instruccionales que favorezcan el aprendizaje significativo de la disciplina (Pesa M., Cudmani L. 1991).

En el Apéndice IV se incluye el programa de la materia Epistemología e Historia de la Física.

Otra actividad que muestra un gran potencial en la construcción de síntesis integradoras es la de elaborar *trabajos monográficos* sobre temas específicos de materias como las citadas. El estudiante debe aprender a hacer un buen uso del material bibliográfico a estructurar un trabajo de síntesis, a profundizar en las interrelaciones entre distintos campos.

La incorporación al curriculum del profesorado de un trabajo final de Seminario entendido como trabajo de iniciación a la investigación educativa sería muy valioso para asumir su futura tarea docente con elementos racionales y críticos. Permitiría además una tarea integradora de síntesis de formas, contenidos y métodos que se han estudiado en las diversas disciplinas del plan.

Pero fundamentalmente cada disciplina deberá pensarse para contribuir a esta integración del modo más eficiente posible. Los profesores de las materias científicas deberían ser modelos ejemplares de cómo se integran las otras disciplinas para un buen aprendizaje de la Física.

Los profesores de las materias de Ciencias de la Educación deberían seleccionar materiales y objetivos teniendo muy presente las

especiales características del conocimiento en Física y tomar sus ejemplificaciones de esta disciplina.

Son algunas ideas. El campo está abierto a la imaginación y creatividad para generar propuestas que permitan superar la situación actual.

Referencias Bibliográficas

- BOISOT M., 1972, "L'interdisciplinarité - Problemas d'enseignements et de recherche dans l'université" - Citado por Rodríguez Dieguez, 1980.
- CUDMANI L.C. DE, 1991, "La génesis de problemas y la transferencia de los resultados en la Investigación Educativa en Física - Boletín de la Academia Nacional de Ciencias - Tomo 60 - Córdoba - Argentina.
- CUDMANI L.C. DE, SALINAS J., 1989, *Epistemología e Historia de la Física, justificación y análisis de su inclusión en las carreras de estudiantes universitarios de Física - Enseñanza de las Ciencias - Número Extra (III Congreso) Tomo I.*
- CUDMANI L.C. DE, PESA M., 1991, "Paralelismo entre modelos precientíficos e históricos en la Óptica: implicancias para la Educación" - Memorias de REF VII - Mendoza - Argentina.
- LAKATOS I., 1983, "La metodología de los programas de investigación científica" Ed. Alianza - Madrid.
- MITCHAND L., ABTLES J., 1972, "L'interdisciplinarité - Problèmes d'enseignements et de recherche dans l'université" Citado por Rodríguez Dieguez, 1980.
- PHENIX P., 1973, "La arquitectura del conocimiento" de "La Educación y la Estructura del conocimiento" recopilación de S. Elam - El Ateneo - Buenos Aires.
- RODRIGUEZ DIEGUEZ J. L., 1980, "Los objetivos educativos" - Proyecto CINAÉ - Buenos Aires.
- WEST L., PINES L., 1985, "Cognitive structure and conceptual change" Academic Press Inc. - USA.

Apéndice I.

Parágrafo extraído del libro de Lakatos "La metodología de los programas de investigación científica".

¿Qué es entonces lo que distingue a la ciencia? ¿Tenemos que capitular y convenir que una revolución científica sólo es un cambio irracional de convicciones, una conversión religiosa? Tam Kuhn, un prestigioso filósofo de la ciencia americano, llegó a esta conclusión tras descubrir la ingenuidad del falsacionismo de Popper. Pero si Kuhn tiene razón, entonces no existe demarcación explícita entre ciencia y pseudociencia ni distinción entre progreso científico y decadencia intelectual: no existe un criterio objetivo de honestidad. Pero ¿qué criterios se pueden ofrecer entonces para distinguir entre el progreso científico y la degeneración intelectual?

En los últimos años he defendido la metodología de los programas de investigación científica que soluciona algunos de los problemas que ni Popper ni Kuhn consiguieron solucionar.

En primer lugar defiende que la unidad descriptiva típica de los grandes logros científicos no es una hipótesis aislada sino más bien un programa de investigación. La ciencia no es sólo ensayos y errores, una serie de conjeturas y refutaciones. "Todos los cisnes son blancos puede ser falsada por el descubrimiento de un cisne negro. Pero tales casos de ensayo y error no forman la ciencia newtoniana, por ejemplo, no es sólo un conjunto de cuatro conjeturas (las tres leyes de la mecánica y la ley de gravitación). Esas cuatro leyes sólo constituyen el "núcleo firme" del programa newtoniano. Pero este núcleo firme está tenazmente protegido contra las refutaciones mediante un gran cinturón protector" de hipótesis auxiliares. Y, lo que es más importante, el programa de investigación tiene también una heurística, esto es, una poderosa maquinaria para la solución de problemas que,

con la ayuda de técnicas matemáticas sofisticadas, asimila las anomalías e incluso las convierte en evidencia positiva. Por ejemplo, si un planeta no se mueve exactamente como debiera, el científico newtoniano repasa sus conjeturas relativas a la refracción atmosférica, a la propagación de la luz a través de tormentas magnéticas y cientos de otras conjeturas, todas las cuales forman parte del programa. Incluso puede inventar un planeta hasta ahora desconocido y calcular su posición, masa y velocidad para explicar la anomalía.

Apéndice II.

- *La estructura del conocimiento científico.*
- (Fragmento de "Notas de clase" de Seminario de Epistemología de la Física - L. Colombo de Cudmani - J. Salinas de Sandoval - INFUT - Tucumán, 1990).-
- *Introducción*

La problemática que plantea el estudio de la ciencia y la investigación científica se refiere en general a dos aspectos que históricamente se han conocido como el *problema de las conceptualizaciones* y el *problema de la metodología* (o más estrictamente "del método científico").

Sin embargo, entendemos que es mucho más rico y actual el análisis que propone J. Schwab a partir de distinguir dos redes o ramas estructurales:

- la estructura sustancial
- la estructura sintáctica

Es claro que sintaxis y contenido están íntimamente relacionados. La separación es sólo conceptual y a los fines de facilitar el análisis de esa compleja creación de la cultura humana que nos ocupa.

a) *La estructura sustancial*

Todo campo factual puede ser analizado a partir de diferentes estructuras conceptuales. Hablar por ejemplo, del estudio del comportamiento de un río reflejará sin duda diferentes conceptualizaciones según se plantee a un geógrafo, a un físico a un sociólogo, etc. ... "En general, la investigación tiene su origen en una estructura conceptual. Esta determina qué preguntas nos plantearemos en nuestra indagación las preguntas determinan qué datos deseamos hallar; nuestros deseos a este respecto determinan qué experimentos llevaremos a cabo. Además, los datos, una vez reunidos, se les otorga significado a la luz de la concepción que originó la investigación. De esta manera, podemos descubrir y formular parte de nuestro conocimiento fisiológico en términos de órgano y función, nuestro conocimiento de la estructura atómica en términos de partícula y onda, y nuestro conocimiento de la personalidad en términos de las potencias relativas y relaciones jerárquicas entre sus órganos"¹.

Es fundamental, pues, puesto que toda investigación genera o se encuadra dentro de un determinado marco de referencia, "identificar esas estructuras para poder comprender sus fuerzas, su alcance, sus posibilidades de transferencia, pero también para tomar conciencia de sus limitaciones y sus debilidades ... "En primer lugar, saber qué estructura subyace a un cuerpo determinado de conocimientos es saber qué problema podemos afrontar al impartir ese conocimiento. La estructura puede ser tan simple como la de un esquema clasificador basado en una única cualidad visible".

En algunas ciencias, estructuras sustanciales diferentes controlan concurrentemente investigaciones distintas, de lo cual resulta la coexistencia de dos o más cuerpos de conocimiento hasta cierto punto independientes acerca de la misma materia.

¹Schwab, J., 1973

Tal es el ejemplo de las ópticas geométricas, ondulatoria y electromagnética. En la primera sus conceptos relevantes son las de rayo, propagación rectilínea. etc. en el segundo caso se trabaja con el concepto de onda en un medio material, propagación de fuente de ondas, etc. en el tercero se interpreta a la luz como una *onda electromagnética* caracterizada por los vectores: campo eléctrico (\vec{E}), campo magnético (\vec{B}). Algunos problemas admiten soluciones coherentes con cualquiera de las tres estructuras dentro de sus límites, pero hay otros que ni siquiera pueden plantearse están fuera de la potencia explicativa de la estructura elegida. Tal es el caso por ejemplo del estudio de las relaciones de intensidades de los haces incidentes, reflejado y refractado, cuando la luz incide en una superficie que separa dos medios de distintos índices de refracción. Ni la óptica geométrica ni la ondulatoria proporcionan herramientas para encarar este problema que sí tiene solución en el campo de la teoría electromagnética.

El problema de la estructura sustancial, muy vinculado al marco teórico de referencia, es fundamental desde el punto de vista de los *significados*. "El cuerpo de conocimiento que surge del uso de cualquier estructura esencial efectivamente válida, posee una estructura propia, las partes de esta estructura, ..., toman su "significado e importancia los unos de los otros y del todo del cual forman parte".

Concepto como "trabajo", "energía", "fuerza", no pueden entenderse si se los aísla del contexto en el que fueron pensados.

b) *Estructuras sintácticas*

Puesto que las áreas del conocimiento científico usan en sus respectivos campos estructuras sustanciales diferentes se comprende que habrá también importantes diferencias. "Tomando en la forma como en la extensión en que ellas verifican su conocimiento..."

"Además, el tipo de comprobación y el grado en que ésta constituye, realmente, una comprobación, requeridos por diferentes investigaciones dentro de las ciencias naturales, difieren en forma considerable de un campo a otro (de la biología, a la física, por ejemplo), e incluso entre investigaciones de un mismo campo. Existe, entonces, el problema de determinar para cada disciplina qué constituye un descubrimiento o una comprobación, qué criterios aquella emplea para medir la cualidad de sus datos, cuán estrictamente puede aplicar sus cánones para precisar cuáles son sus elementos de prueba y, en general, el de determinar la vía a través de la cual la disciplina se mueve desde sus datos brutos hasta sus conclusiones. Llamaré a este conjunto de problemas, el problema de la estructura sintáctica de cada disciplina" ... "Como indicamos antes, la estructura sintáctica de una disciplina no ha de ser considerada igual al "método"; al menos, no al método entendido como una exposición altamente esquematizada y abstracta. A ella le incumben, más bien, las descripciones concretas de los tipos de elementos de prueba requeridos por la disciplina, la medida en que pueden obtenerse realmente los tipos de datos requeridos, las clases de sustitutos más apropiados para reemplazar a los primeros, los problemas de interpretación que se plantean en la disciplina y la forma en que es posible superarlos".

Como se desprende del texto anterior el problema de las estructuras sintácticas incluye el problema del método pero lo trasciende incluyendo otros elementos tales como: análisis de significado, criterios de verdad o convalidación, etc...

Si no queremos interpretar todo conocimiento científico ya establecido como dogma verdadero, será necesario analizar los grados y tipo de validaciones con que trabaja el investigador científico, evitando reducir el problema de la sintaxis de una investigación "a una referencia vaga y general acerca de método científico.

Es importante destacar que esta concepción elimina eficazmente "el molesto divorcio entre método y contenido". No se puede describir una sintaxis más que a través de la referencia al tema concreto que se estudia en una investigación concreta.

Cuando la investigación se hace dentro de un determinado marco teórico o de un dado modelo, se habla de investigación estable o a corto plazo. En este caso no se plantean cuestionamientos a la estructura substancial dentro de la que se trabaja.

Cuando se investigan fenómenos relacionados con la difracción e interferencia de la luz dentro de la óptica electromagnética, no se plantean el problema de la validez de las ecuaciones de Maxwell.

La gran mayoría de los investigadores trabajan en este tipo de sintaxis.

La sintaxis de investigación fluida o sintaxis a largo plazo, surge cuando se cuestionan las estructuras que el investigador a corto plazo supone verdaderas. Estos cuestionamientos surgen en la búsqueda de que esas estructuras se adecuen "tanto como sea posible a la riqueza y complejidad de la materia a la cual se aplican.

... "Los propósitos de la investigación fluida son cuatro. En primer lugar, hay que descubrir en las investigaciones estables las incoherencias entre los datos, los fracasos de la materia al responder a las preguntas formuladas al amparo de las estructuras existentes, y el conflicto entre las conclusiones, todo lo cual indica inadecuaciones de las estructuras esenciales usadas. El segundo problema consiste en obtener indicios a partir de las investigaciones estables corrientes con respecto a la debilidad o inadecuación específica que caracteriza al principio en cuestión. El tercer problema de la investigación fluida es, por supuesto, diseñar una modificación de la estructura existente o una estructura completamente nueva para reemplazarla. El cuarto problema es probar las nuevas estructuras pro-

puestas sometiénolas a la comunidad de científicos de esa disciplina para su discusión, ataque y defensa" ... "La existencia de la investigación fluida, el reemplazo de una estructura esencial por otra a medida que la ciencia amplía la comprensión de su materia, indican que el cuerpo de conocimientos existentes es relativamente efímero, sujeto a revisión. En consecuencia, se deduce: a) el carácter modificable de los cuerpos de conocimientos científicos; b) el grado en que éste conocimiento sigue siendo conocimiento, a pesar de ser provisional; c) alguna idea del enriquecimiento del conocimiento que resulta del sometimiento a prueba reflexiva y del reemplazo de los principios".

Apéndice III.

Teorías y modelos de aprendizaje aplicados a la enseñanza de la Física.

Programa

I- Introducción general - Distintas concepciones del aprendizaje - Sus áreas o dominios - Escuelas psicológicas más importantes en la actualidad - El conductivismo, el operativismo, el humanismo - Sus paradigmas.

II- Teoría de Skinner: concepción general del hombre - Controles de comportamiento - Condiciones operantes - Modelo de Carpenter y Haddan (1964) - Reglas funcionales: refuerzo, realimentación, etc.- Modelo de Wasik (1974) sobre comportamiento en el aula - Aplicaciones a la enseñanza-aprendizaje de la Física - Ejemplo: *óptica geométrica* - Análisis crítico - Ventaja de la teoría en adiestramientos - Ejemplo: *Instrucción para el manejo del osciloscopio*.

III- Modelo taxonómico de Gagné - Aspectos generales - Procesos de aprendizaje - Procesos internos - Fases y eventos externos del proceso de enseñanza-aprendizaje - Estrategias cognoscitivas - Aplicaciones a la enseñanza-aprendizaje de la Física - Ejemplificación: estudio del movimiento de

partículas en campos - Estudio comparativo - Análisis crítico.

IV- Desarrollo cognoscitivo y teoría de J. Bruner - Desarrollo intelectual en un mundo en transformación - Estructura y forma del conocimiento - El papel del profesor - Forma y distribución del refuerzo - Ejemplificación: *planificación de una experiencia de laboratorio sobre corrientes alternas*. Ventajas y desventajas de la propuesta.

V- La teoría de Piaget - Psicología evolutiva - Períodos de desarrollo del pensamiento formal - Las operaciones y los hábitos - Agrupamientos y esquemas de asimilación - Influencia de la afectividad sobre el área cognoscitiva - Aplicaciones a la enseñanza - aprendizaje de la Física - Ejemplificación: *Elaboración de los conceptos de trabajo y energía* - Estudio comparativo con modelos anteriores - Análisis crítico.

VI- El modelo de Ausubel - Aprendizaje cognoscitivo - Inclusores - Asimilación obliteradora - Diferenciación progresiva, reconciliación integrativa - Aplicación en el aula - Analogías y diferencias con el modelo piagetiano - Ejemplificación: *Mapas conceptuales, en la enseñanza aprendizaje de la Óptica Física*.

VII- El modelo de Roger - La psicología rogeriana, su concepción del aprendizaje - Su aplicabilidad a la enseñanza institucional en la actualidad - Ejemplificación en el área de la *Termodinámica*.

VIII- El modelo de cambio conceptual metodológico y actitudinal - El rol de las preconcepciones y de los modelos intuitivos - Los cambios de paradigma - Análisis comparativo con los otros modelos estudiados - Ejemplificación: *Enseñanza aprendizaje de circuitos eléctricos*.

Apéndice IV.

COMPLEMENTOS DE FÍSICA

Programa Temático: (de contenidos)

Primera parte.

LA ESTRUCTURA DEL CONOCIMIENTO EN FÍSICA

-Introducción

El conocimiento científico. Sus características Proto y Pseudo-ciencia - Ciencias Fáticas y formales - Epistemología - Caracterización de problemas de la Epistemología de la Física - Estructuras sustanciales y sintácticas de la Física - Análisis de ejemplos - Relación e interdependencia entre ambas estructuras - Sintaxis de prueba y de descubrimiento - Investigación dentro de un paradigma - Cambios de paradigmas.

Tema I.

Las estructuras sustanciales de la Física - La significación e importancia para la docencia y para la investigación.

conceptos - Las distintas clasificaciones de los conceptos - Conceptos primitivos y derivados - Las definiciones operacionales - su valor y sus limitaciones.

Leyes Físicas - Su significado y alcance - *La hipótesis científica* - Distintos tipos de leyes según sus referentes y sus grados de generalidad - Análisis de ejemplos concretos - Legalidad y causalidad - Supuestos metafísicos de las leyes científicas - Teorías científicas - Características de una buena teoría - Ambito, precisión, profundidad - Criterios para compararlas - Su valor y limitaciones - Análisis de ejemplos concretos - La explicación en Física - Teorías fenomenológicas o de "caja negra"; teorías de "caja translúcida".

Tema II.

Las estructuras sintácticas de la Física - los criterios de verdad - Confiabilidad y validez de las hipótesis científicas - Técnicas de planteo y comprobación - La etapa heurística en la formulación de las hipótesis científicas y extracientíficas - Procesos inductivos y

deductivos - Proposiciones analíticas y contingentes - El método experimental - Los métodos teóricos - Pautas para la investigación científica - Paralelismo entre aprendizaje e investigación.

Tema III.

La Física y la estructura del conocimiento
- Las disciplinas científicas - Multi, pluri e interdisciplinarias - Valores y limitaciones
- Criterios para organizar la estructura del conocimiento: formas, hechos y normas - Ubicación de la Física en este encuadre - Interrelaciones de la Física con los otros ámbitos del conocimiento y de la cultura
- La Física y la Matemática - La Física y la Filosofía de la ciencia.

Segunda parte.

HISTORIA DE LA FÍSICA

Nota: La historia de la Física se estudia en el marco de referencia que proporcionan los elementos de Estructura del conocimiento que se elaboraron en la 1ra. parte.

Se analizan así en cada caso, surgimiento y evolución de estructuras sustanciales y sintácticas fundamentales como por ejemplo los conceptos de masa, de fuerza, la introducción del análisis o de los métodos estadísticos, los criterios de verdad dominantes en distintos períodos, los criterios que aplicaron para aceptar o rechazar una teoría determinada. etc.

Tema I.

Primitivas y antiguas civilizaciones - Sumerios, Babilonios, Física y Astronomía Egipcia.

Los griegos - La escuela Jónica - La Escuela Eleática - El atomismo - Aristóteles: su concepción del universo - Mecánica Aristotélica.

Arquímedes - Sus aportes a la mecánica. Escuela de Alejandría - Astronomía griega - Teoría geocéntrica de Ptolomeo.

Tema II.

La Física de la edad media: aportes de la cultura árabe - El occidente cristiano - Síntesis de la cultura griega con la cultura cristiana: la escolástica - Las primeras universidades.

Tema III.

La evaluación histórica de la Mecánica clásica - Antecedentes: la mecánica aristotélica - El renacimiento: Teoría heliocéntrica de Copérnico - Los trabajos experimentales de Ticho Brahe - Leyes de Kepler.

Galileo Como creador del método experimental - Los aportes de Galileo a la Mecánica y a la astronomía - Primeras academias científicas - La Academia del Cimento - Descartes, Leibnitz y *Newton*: Mecánica Newtoniana - Los "Principios" - Análisis crítico de la Mecánica Newtoniana versus la Aristotélica - *El Mecanicismo*: Euler, Bernoulli, Lagrange, Laplace.

Tema IV.

Evolución histórica de la óptica clásica - Antecedentes en la cultura griega y medieval.

Newton: teorías corpuscular y ondulatoria de la luz - Aportes de Newton y de Huyghens - Desarrollo y afianzamiento de la teoría ondulatoria de la luz: Malus, Young, Fresnel - Avances en espectroscopía - El problema de la radiación del cuerpo negro.

Tema V.

Desarrollo histórico de la termodinámica - Las primeras mediciones de calor y temperatura - Teoría del calórico como extensión de las ideas mecanicistas - La equivalencia entre calor y trabajo - Planck - Hipótesis del quantum de Planck - La teoría cinética del calor - Termodinámica: Kelvin, Maxwell, Boltzman ...

Tema VI.

Desarrollo experimental de la electrodinámica y el electromagnetismo: Galvani, Volta, Faraday, Ampere - Su culminación en la Teoría

electromagnética de Maxwell - Ondas electromagnéticas - Avances en teoría atómica - El electrón de Lorentz - Los rayos catódicos y los rayos X - Algunos problemas: el efecto fotoeléctrico, la experiencia de Michelson.

Tema VII.

La Física del Siglo XX 1ra. parte:

- a) la mecánica relativista - Einstein y las teorías especial y general de la relatividad, análisis crítico comparativo con la Mecánica clásica;
- b) Teoría atómica: el átomo nuclear de Bohr;
- c) la Mecánica ondulatoria y la mecánica cuántica: Schrodinger, Born, Heisenberg, De Broglie - La Mecánica cuántica relativista - Dirac - Estructura atómica a la luz de la Mecánica cuántica.

Siglo XX 2da. parte:

Desarrollos en Física nuclear: la radioactividad - El mesón de Yukawa - Descubrimiento del neutrón, el neutrino, el positrón, fisión y fusión nuclear: sus consecuencias - Los modelos del núcleo.

Mecánica estadística - Las nuevas estadísticas de Bose, Einstein y de Fermi-Dirac - La computación aplicada a los problemas de la Física - Los problemas de caos.

Las partículas elementales - El modelo estándar sobre las partículas elementales - Los grandes aceleradores.

Desarrollo en Física de estado sólido, de bajas temperaturas. Astrofísica - Los cuásares, agujeros negros, pulsares, etc. - Las modernas teorías cosmológicas - El Big-Bang.