

BASES Y LINEAMIENTOS PARA UN PROGRAMA DE EDUCACION EN FISICA

WALTER MULHALL - MARTA MASSA DE LLARRULL

Grupo de Conceptualización en la Enseñanza de Física - Departamento de Física - Escuela de Formación Básica - Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería - Universidad Nacional de Rosario - Avda. Pellegrini 250 - 2000 Rosario - Argentina.

RESUMEN: Este trabajo puntualiza la necesidad de que el sistema educativo concientice e incorpore, junto con el desarrollo humanístico, el pensamiento racional y la metodología de las Ciencias Fáticas y de la Tecnología en la formación cultural de los individuos.

Específicamente se fijan los lineamientos para la formación de recursos humanos a nivel universitario y terciario.

ABSTRACT: This article stresses the need for the educational system to assimilate and incorporate the rational thought and methods introduced by the Natural Sciences and by Technology into our culture together with the humanistic development.

Specifically, special remarks are made on the training of human resources at university and college level.

El sistema educativo en la estructura social

La necesidad de la existencia de una determinada institución está directamente relacionada con las funciones que debe satisfacer en la sociedad que la cobija y por la jerarquía con que satisface dichos requerimientos.

Es indudable que toda persona o institución tiene la responsabilidad de contribuir, en la forma más apta que le sea posible al desarrollo de su sociedad o país, tanto en lo concerniente al modelo de sociedad a que se aspira, como aportando el producto de sus propios esfuerzos para lograr los objetivos buscados. Su responsabilidad reside, fundamentalmente en mejorar la calidad de vida del grupo humano que constituye la sociedad o nación.

A fin de precisar el alcance de lo expresado anteriormente, observamos que en este trabajo, siguiendo conceptos de Marcelo Alonso (1975)¹, se entiende por sociedad el conjunto de individuos relacionados e interactuan-

do a través de: valores culturales, bienes, servicios y esfuerzos comunes, factores conflictivos (como la competencia, la agresión y la violencia), etc., mientras que mejorar la calidad de vida implica incrementar la capacidad de satisfacer las necesidades de sus habitantes tanto materiales, como: vivienda, alimentación, salud, transporte, etc. y no materiales, como: educación, disfrute de la naturaleza, creación artística e intelectual, etc.

Con este planteo de desarrollo humano integral, se puede evaluar el grado de evolución de una sociedad por la capacidad que ella ha logrado para satisfacer las múltiples necesidades de sus habitantes. Esta capacidad depende de factores internos, tales como: productividad, organización social, bienes acumulados, posesión de recursos propios (naturales, científicos-tecnológicos, de capital y manejo de los mismos) y de factores externos, que corresponden a la interacción con otros países y grupos sociales, y que actúan como condicionantes que están fuera del control del país, tales como: modificaciones de precios en el mercado mundial, disponibilidad de recursos importados, circunstancias políticas, etc.

El desarrollo de una sociedad es un proceso continuo, incesante, con un ritmo variable según las circunstancias o factores presentes (históricos, económicos, sociales y políticos).

Esto determina, en consecuencia, diferentes grados de desarrollo, generándose grandes desigualdades e injusticias que sofocan a las sociedades de menores posibilidades.

Los pueblos tienen su cultura, que es el repertorio de conocimientos, ideas, creencias, artes, ética, leyes, costumbres, nivel general de edu-

cación o grado de desarrollo de sus recursos humanos y cualquier otra capacidad o hábito adquirido por el ser humano como miembro de la sociedad. Ella es el resultado de su evolución histórica, define la vida y orienta la conducta del pueblo. La cultura es viva y dinámica. (M. Kranzberg - W. H. Davenport - 1972)².

En este contexto se puntualiza que es usual considerar la cultura con concepción humanística. El término humanística fue utilizado para distinguir lo que era humano de lo basto o animal, mientras que hoy se tiende a considerar con ello, los aspectos espirituales, emocionales y expresivos del hombre y a ignorar sus búsquedas racionales en su relación con la naturaleza, que son sus actividades científicas fácticas y tecnológicas. Ello se contrapone con la concepción de los antropólogos que consideran que las posibilidades de dependencia o utilización de la herramienta distingue la especie humana del resto del reino animal.

Las sociedades contemporáneas de Occidente (A. Herrera-1975)³ se pueden clasificar en dos tipos generales:

a) las sociedades modernas que designan, en forma bastante vaga, a los pueblos que se incorporaron a la Revolución Industrial iniciada en el siglo XVIII, cuya característica fundamental es vivir en una situación de continuo cambio. Para estas sociedades la ciencia y la tecnología son esenciales en cuanto son instrumentos de cambio;

b) las sociedades del mundo subdesarrollado que evidencian dificultades para incorporar la ciencia y la tecnología en su estructura social, o no manifiestan deseos de cambio.

La sociedad, a fin de satisfacer las múltiples y complejas funciones que su estructura requiere, cuenta con una infraestructura educacional o sistema educativo, cuya responsabilidad es preparar al protagonista de la sociedad.

Comentarios de situación

El atraso de la Argentina, a semejanza de otros países latinoamericanos, tiene su inserción en el proceso histórico de esos países. En los albores de la Revolución Científica los países ibéricos no abandonaron el paradigma aristotélico de la ciencia escolástica. (O. Sunkel - H. Jaguaribe - 1975)³. En consecuencia, se mantuvieron ajenos al franco proceso de cambio que se fue desarrollando; es más, puede decirse que su ignorancia fue una forma de

rechazo. Este mismo esquema fue trasladado a sus colonias, dando continuidad a sus concepciones a través de la cultura dominante. (Se entiende por cultura dominante a la del grupo de poder que nada o poco tiene en común con la cultura proveniente de lo autóctono).

Con esta tradición los países latinoamericanos comienzan a participar del mundo moderno como productores de materias primas y alimentos requeridos por los países centrales y abriendo simultáneamente nuevos mercados a los productos manufacturados en que ellos se especializan. Así pasan a convertirse en consumidores de tecnologías que no generan.

Agravado por la existencia de incoherencias internas en las políticas, aspiraciones y tendencias, la posición de Argentina como país dependiente obstaculiza el desarrollo de un país autónomo con incorporación y generación efectiva de la ciencia y la tecnología en su estructura social.

Es conveniente dejar claramente establecido que la ciencia es construcción humana, siendo sus operaciones básicas;

a) una puramente creadora, en la cual el hombre fabrica o modeliza una realidad.

En el caso específico de las Ciencias Fácticas, los hechos observados son la base para la elaboración de conceptos y, como producto de una cadena hipotética-deductiva, se construye una imagen de los mismos. Es decir, en un modelo el objeto real se sustituye por uno ideal con propiedades rigurosamente fijadas y sujeto a relaciones con otros sistemas descriptas en términos lógico-matemáticos. Se aspira a que estas propiedades y relaciones se correspondan con los hechos reales, recordando que esta correspondencia no es total, ya que en la modelización se hace abstracción de ciertas propiedades y relaciones consideradas no esenciales o relevantes.

b) otra, confrontadora, en la cual compara los hechos efectivos con su construcción imaginada. Si casan los unos con los otros se ha descubierto la "realidad" que los hechos arcanizaban.

El modelo se desarrolla junto a ciertas hipótesis y conceptos previos, que se organizan derivando nuevos conceptos de diferentes niveles de abstracción. Esto da cuerpo progresivamente a una teoría. En el plano de los conceptos, valiéndose de la razón como instrumento, el científico infiere y predice. La bondad de la teoría reside en el número de hechos que es

capaz de explicar, en las predicciones que puede corroborar lo experimental y su coherencia con lo observado en su rango de validez.

En consecuencia, se puede afirmar que conocer no consiste en describir los innumerables hechos brutos, sino que mediante la intuición empírica y la facultad de síntesis y orden de la mente, es descubrir la armonía de los hechos y sus relaciones permanentes que se denominan leyes de la naturaleza. Sintetizando, ciencia es la interpretación de los hechos y descubrimiento de las leyes permanentes.

La tecnología, por otro lado, es entendida como el conjunto ordenado de conocimientos utilizados en la producción y comercialización de bienes y servicios. Es necesario destacar que el conjunto de conocimientos que definen una cierta tecnología está integrado no sólo por conocimientos científicos—provenientes de las ciencias fácticas, formales o humanas— sino también por conocimientos empíricos como los que resultan de observaciones y ensayos, o se reciben por tradición oral o escrita.

La tecnología es imprescindible para la producción y comercialización de bienes y servicios en una sociedad, pero además ella en sí misma se transforma en un objeto de comercio entre los que la poseen y los que no la poseen y la necesitan.

En las sociedades modernas, el hombre vive en sistemas complejos. Por ello, un grupo que ignore la responsabilidad de hacer investigación científica y tecnológica compromete su independencia, pues la elección de la tecnología más ajustada a sus propios objetivos impone el desarrollo de una capacidad autónoma en el manejo de la misma. (J. A. Sábato - 1975)³.

En tecnología, es fundamental la aplicación de principios racionales, en el control o reordenación del espacio, la materia, la energía y los recursos humanos no sólo en las manifestaciones físicas sino en los hechos sociales—organizaciones y procesos que están relacionados con fines, funciones y necesidades humanas—.

Si bien la ciencia y la tecnología tuvieron su origen y desarrollo por carriles diferentes (fruto de separación entre mente—conocimiento racional— y mano—conocimiento práctico—) es hoy indudable su interrelación. La continua expansión de la investigación científica, dedicada a la exploración de los secretos de la naturaleza y a su control para su utilización social, es un estímulo cada vez más importante para el desarrollo tecnológico. Recíproca-

mente, la tecnología ha posibilitado la apertura de nuevos campos de conocimiento y acelerado el desenvolvimiento de otros.

Como el acontecer tecnológico transcurre en el espacio de la estructura productiva de bienes y servicios, los programas de política científica y tecnológica deberán ser coherentes con las circunstancias socio-políticas y económicas de la sociedad. Por ello no compartimos el pensamiento "es condición suficiente tener buenos científicos y técnicos para tener buena tecnología", sino que creemos que los buenos recursos humanos en investigación y desarrollo deben complementarse con la concepción de la sociedad en su conjunto. Por ello se hace necesaria la culturalización que incorpore el racionalismo de la ciencia y de la técnica.

La responsabilidad del Sistema Educativo será producir la calidad y cantidad necesaria de hombres que protagonizan la investigación, tanto la científica como la de desarrollo tecnológico. Su función debe ser más amplia y fundamental, debe transferir no sólo los conocimientos sino las formas de pensamiento, las actitudes desarrolladas y las responsabilidades a ellos ligadas, que caracterizan a la ciencia y a la técnica como proceso y como producto, tanto al profesional científico y técnico como a los políticos, economistas y empresarios que toman decisiones sobre investigación y desarrollo y al resto de la comunidad que debe estar capacitada para analizarlas y comprenderlas.

El sistema educativo argentino ha estado concebido dentro de un marco de distribución social de conocimientos implementado a través de:

- una enseñanza básica mínima con funciones de homogeneización cultural y universalización de los instrumentos básicos: la lecto-escritura y el cálculo;
- un nivel medio polarizado sobre base de: humanismo-tecnología, como se desprende de la estructura de los bachilleratos y de las escuelas con terminalidad, con un marcado acento enciclopedista que articula, con un cierto eje "cultural", la educación con la realidad social y del ambiente;
- un nivel superior alcanzado por algunos que acceden así a formas más elaboradas de conocimientos y técnicas y, en general, con un bajo grado de creatividad.

Los contenidos y la metodología empleadas en la enseñanza de las Ciencias Fácticas no guardan articulación ni atienden al proceso

que ha llevado a su desarrollo. Son características básicas: la acentuada tendencia hacia la reproducción de conocimiento y modelos, el uso de la experimentación como simple recurso de verificación, la sanción implícita o explícita del error, la ausencia de diagnóstico sobre formas de pensamiento del alumno, la falta de confrontación con lo real, la poca vinculación con otras disciplinas, los pocos, cuando no nulos, intentos de favorecer la construcción de modelos.

El papel de la educación en un contexto de democracia debe ir más allá del esquema básico de universalidad y libertad de acceso a cualquier nivel. Es necesario enfatizar la calidad de los conocimientos que se transmite y los mecanismos con que se desenvuelve la capacidad de razonamiento.

La educación debe trascender el plano de la información. Debe atender al desarrollo de la razón dentro del marco de las relaciones e interacciones que se plantean con el medio, con la sociedad, con los conceptos, de manera tal que el sujeto sea capaz de generar experiencias inteligentes.

Cabe plantear este interrogante: "¿Cómo pueden colaborar la Ciencia y la Tecnología en el proceso educativo?". Es hoy innegable el papel que ha desempeñado la Ciencia (en especial las Fáticas) en la configuración de formas de pensamiento a lo largo de la Historia y cómo las revoluciones tecnológicas han generado cambios profundos en la sociedad.

De allí que el conocimiento científico sea un instrumento privilegiado de la razón y, el desarrollo tecnológico, fuente de creatividad.

Se hace necesario recordar que la Física como las restantes ciencias naturales alcanzan su identidad cuando se establece el estrecho vínculo entre lo racional y lo experimental. La experiencia es el campo del conocimiento ya sea para suscitar la hipótesis o para controlarla sobre base de las predicciones que establece.

La tendencia de propiciar una Educación en la Física se basa fundamentalmente en el hecho de constituirse esta ciencia en una fuente primaria de conocimiento sobre el mundo que vivimos y debe, por ello, desempeñar un papel muy importante en la promoción del desarrollo.

La Física, al dar una visión de la naturaleza expresada básicamente en la permanente interacción (la mayoría de las veces electromagnética y nuclear) de unos pocos componentes

(electrones, protones, neutrones, fotones, etc.) respetando ciertos principios de conservación (energía, momento lineal, etc.) ha producido una maravillosa síntesis conceptual que ha posibilitado una serie de desarrollos tecnológicos, que caracterizan nuestra civilización.

Esta gran unidad del Método de Análisis de los Fenómenos Naturales ha llevado a que las otras ciencias fácticas han ido poco a poco convergiendo hacia la Física al reconocer que los fenómenos que ellas estudian son, en definitiva manifestación de la estructura atómico-molecular de la materia, y por lo tanto requieren de los mismos principios para su explicación. Son ejemplos de ella: Astrofísica, Biofísica, Química Física, Geo-física, Física Médica, Física del Medio Ambiente, entre otras.

Esta extensión y sus implicancias tecnológicas, sociales, económicas, políticas, etc., han mostrado que el enfoque requiere tanto de la especialización como de la interdisciplinariedad.

Todo ello debe ser volcado al Sistema Educativo, dado que siendo la educación un proceso permanente y que trasciende, el ámbito de las instituciones formales, son mucho más importantes los hábitos, actitudes y formas de pensamiento adquiridas que los hechos y propiedades a recordar.

La ciencia ha puesto poderosas ideas, métodos e instrumentos a disposición del hombre, pero a él le corresponde tomar sus decisiones.

Esto exige que se amplíen los contenidos culturales a ser transferidos por el Sistema Educativo, pero en ello deben incluirse tanto los nuevos conocimientos como el proceso del cual devienen. Entonces el sujeto se enfrenta con sus preconceptos, busca la confrontación con lo experimental, asume su posición en el conflicto de opiniones, se torna crítico de sí mismo y de su realidad, se entrena en la toma de decisiones, y se hace responsable, reconoce los límites de sus formulaciones y, fundamentalmente comprende que un conocimiento alcanzado es sólo la base de nuevas posibilidades.

Creemos que el Sistema Educativo debe formar simultáneamente en Ciencias Sociales, Formales y Fácticas, como en el desarrollo tecnológico, valorizando las relaciones entre ellos.

En este proceso educativo, la comunidad científica y tecnológica tiene su responsabilidad:

transferir junto con sus conocimientos y desarrollos, su forma de pensamiento.

Consideramos que es condición necesaria saber pensar para transferir y educar en la formación del pensamiento racional.

Propósitos

Nuestra línea de investigación para una Educación en la Física está orientada; en una primera etapa, hacia:

- a) la formación de recursos humanos a nivel universitario y terciario;
- b) el desarrollo de los niveles de conceptualización relativos a la Física;
- c) la fundamentación de la red conceptual elaborada para la transferencia a los docentes a fin de propiciar una enseñanza integrada, metódica y esclarecedora del enclave epistemológico de los sistemas físicos;
- d) el diseño de propuestas metodológicas para la enseñanza de la Física en el nivel universitario y su evaluación;
- e) la actualización de los sistemas de aprendizaje, para que la transmisión de un cuerpo de conocimientos provoque y estimule en el estudiante tanto la actitud científica y tecnológica como la función social y de desarrollo profesional;
- f) el planteo operativo de la Física con proyección hacia el desarrollo tecnológico;
- g) el estudio analógico-comparativo de la bibliografía existente a fin de generar una propia adaptada a las necesidades de nuestros alumnos.

Lineamientos

a) **Formación de recursos humanos:** Se entien- de la misma bajo un doble aspecto:

En el área docente: para la preparación, capacitación y actualización de quienes tienen la responsabilidad de la transmisión de la Ciencia. En este aspecto, se comparte la definición dada por el Dr. Ovide Menin en el Curso de Formación para docentes universitarios (I. R. I. C. E. - CONICET - UNR) 1985 -: "El docente universitario es quien, además de conocer profunda y actualizadamente su disciplina, sabe como administrarla". Ambos aspectos son fundamentales. El primero, para garantizar la calidad del conocimiento y el segundo, para evitar que el mismo se presente

como acabado, repetitivo, y por lo tanto, cerrado.

Esto requiere la necesidad de contar con un docente clarificado del enclave epistemológico de los conceptos físicos que transmite, que lleve al alumno hacia la necesidad de la herramienta matemática como expresión operativa de los mismos y hacia la elaboración del concepto de modelo como síntesis de la estructura conceptual de la Física y de la realidad fáctica u observacional.

El aspecto educativo se desarrolla cuando se propende al planteo de situaciones problematizadoras, que lleven al intercambio de opiniones, la consulta, el diálogo, el análisis crítico, la selección de significantes, la elaboración de modelos.

En síntesis, la formación del docente debe tender a la preparación para el desarrollo de la inteligencia de los educandos, esto es, el desarrollo de las capacidades internas que le permiten aprender, estructurar la realidad a través del pensamiento y el lenguaje en íntima relación.

En el área estudiantil: dado que un proceso de aprendizaje con dichos lineamientos irá configurando la formación de un futuro profesional con un pensamiento que lleve a la asociación, la síntesis, la formulación de interrogantes, el análisis crítico, la aplicación, significación y función social de su hacer.

b) **Desarrollo de los niveles de conceptualización relativos a la Física:** El proceso de aprendizaje de la Física debe atender al desarrollo, a partir de los hechos observacionales y del planteo experimental, de los diferentes niveles de conceptualización que caracterizan a una teoría científica como sistema formal. En ella se hace necesario reconocer aquellos conceptos que, a la luz de un proceso de síntesis, devienen como unificadores en el contexto de las diferentes teorías y de aquellos que, sobre base de una confrontación con lo real, se flexibilizan, se modifican y se amplían en el contexto de una nueva teoría. Bachelard se refiere a ellos diciendo que "en el momento en que un concepto cambia de sentido, posee el máximo sentido".

En síntesis, la interrelación entre la teoría y la experiencia descubre niveles de realidad más profundos y, en consecuencia, los conceptos se organizan según una jerarquía de estructuras.

La conceptualización debe propiciar, por otro lado, el desarrollo de "un esquema lógico que respete una concepción profesional de tal manera que una discusión posterior de los límites de ciertos conceptos, permita extender su aplicabilidad hacia una formulación de las teorías actuales de la Física. Es conveniente que el esquema prevea la factibilidad de unificación del tratamiento de las distintas áreas, mostrando cómo se complementan y organizan los conceptos para derivar consideraciones sobre diferentes sistemas y niveles de complejidad. Asimismo, debe sugerir cómo aparece metodológicamente la posibilidad de la predicción en conexión con la evolución temporal.

El esquema tiene que mostrar, simultáneamente, una dinámica para favorecer un pensamiento no lineal, abierto a los posibles cambios o rupturas conceptuales producidas o a producirse en la Ciencia" (W. Mulhall et al, 1985)⁴.

c) Fundamentación de la red conceptual: Se propone para la organización conceptual el denominado "esquema de interacción. Este puede ser extendido para la formulación de metodologías en otras ciencias, inclusive las sociales. El mismo se introduce con el objeto de favorecer la construcción de los aprendizajes con una concepción profesional, sin que ello suponga una estructura rígida. Debe aclararse que por "concepción profesional" se entiende las conductas, el lenguaje, la sistemática de análisis, los criterios operativos de la comunidad científica correspondiente.

Para el desarrollo del esquema se aísla del Universo físico aquello cuyo comportamiento interesa estudiar y se lo denomina sistema (S) y al resto se lo distingue en medio ambiente (M. A.) y observador (O). (En este último se incluye tanto al sujeto como a los instrumentos con que recaba información sobre los otros dos).

El concepto de interacción, caracterizado por fuerzas e intercambios energéticos es el eje fundamental y unificador del esquema.

Las interacciones mutuas entre S, M. A. y O como las internas en cada uno de ellos son de naturaleza variada y de diferente intensidad y su estudio y descripción constituye el quehacer científico fundamental.

El análisis de las interacciones permite abordar diferentes aspectos de las descripciones físicas. Así, por ejemplo:

- cuando la interacción $S \rightleftharpoons O$ es tal que S no

sufre cambios debido a ella o bien estos cambios son controlables o despreciables, la descripción supondrá un formalismo clásico o determinista. El control de los cambios involucrados permite desarrollar la teoría de las incertidumbres sistemáticas;

- si la acción de O sobre S altera su estado en forma significativa y no controlable, pero existe una causalidad probabilística, O deberá plantear un formalismo acorde con ello para su descripción;

- cuando el medio ambiente no acusa la acción de S sobre él, esto es, la absorbe sin modificarse, entonces se lo considera como "reservorio" de la interacción;

- la descripción, tipificación y cuantificación de las interacciones $S \rightleftharpoons M.A.$ permiten distinguir las distintas áreas: Mecánica, Termodinámica, Electromagnetismo, etc.;

- la relación cuantitativa de las interacciones permite distinguir entre un M.A. mediato e inmediato. En consecuencia, provee criterios tanto para despreciar interacciones en el análisis, como para interpretar fluctuaciones en las observaciones;

- la universalidad exige que observadores equivalentes formulen las mismas leyes. Esto requiere un criterio de selección de sistemas de referencia para que ello ocurra. Tal criterio lleva a la noción de sistemas de referencia inercial;

- la universalidad exige la necesidad de conexión entre descripciones físicas asociadas a sistemas no inerciales.

Para el estudio de un sistema físico se procede a:

- representar el sistema por un conjunto de parámetros controlables y relevantes para el problema planteado. Es necesario destacar que junto a ellos existen siempre contingencias no controlables, derivadas de las interacciones despreciadas, que operan aleatoriamente en el proceso de medición de los parámetros del sistema;

- definir los estados del sistema por los valores asociados a cada uno de los parámetros, lo cual requiere la identificación de los estados de equilibrio y estacionarios;

- estudiar la evolución del sistema en interacción como cambios de sus estados en función del tiempo;

- caracterizar la interacción sobre base de la información aportada por los cambios de es-

tado en relación con las regularidades y manifestaciones fenomenológicas;

● expresar la interacción en función de los parámetros del sistema y de algunos que caractericen al medio ambiente.

d) **Diseño de propuestas metodológicas para la enseñanza de la Física.** La propuesta del esquema de interacción como punto de partida de una red conceptual no supone limitar la enseñanza a una mera transmisión de conocimientos en forma completa, cerrada y acumulativa. Debe entenderse la misma como una postura científica para encarar la búsqueda de conocimientos como un proceso. El esquema enfatiza la actitud mental del científico al distinguir un sistema en un medio ambiente descrito a través de los parámetros que, a su juicio son significativos o relevantes en la descripción que formula. Pero reconoce, asimismo, la existencia de otros que motivan las fluctuaciones casuales en sus observaciones experimentales en la medida en que escapan a su control.

La caracterización del sistema en un instante determinado le lleva a definir el estado del mismo. Es a través de sus modificaciones que comienzan a describir, categorizar, clasificar y por lo tanto, a conocer las interacciones. Para ello debe controlar las variables y estudiar tipo y forma de dependencia de los parámetros e interacciones. Reconoce, asimismo, la relatividad de sus observaciones cuali y cuantitativas desde que comprende que su planteo introduce siempre una nueva fuente de interacción.

Este hacer la lleva al conocimiento de la Ciencia como proceso y como producto, en una actividad de permanente creación, construcción y aplicación, donde es necesario aceptar la existencia de soluciones alternativas, diferentes interpretaciones y conjeturas y la necesidad de operar con conceptos límites. Esto introduce un estilo de pensamiento abierto, no dogmático. Este proceso resume la esencia de la investigación, cuya función social y, por lo tanto, culturizante, se encuentra cuando es capaz de transferir no sólo el producto, a nivel de concepto o de aplicación, sino el tipo de pensamiento activo alcanzado que lo lleva a un nuevo estado de conciencia de la realidad y, por ende, de responsabilidad y compromiso.

La propuesta metodológica no debe limitar la enseñanza a la transmisión mecánica de los conocimientos aun cuando se crea que todo o casi todo se sepa de ellos. Si se entiende que

ellos son "nuevos" para el estudiante, se debe operar de manera tal que él desarrolle el proceso de búsqueda a través del acto experimental en sí como fuente inagotable de recursos cognitivos como a través de las contradicciones detectadas en el mero acto intuitivo o en el análisis de los criterios con que un enfoque histórico muestra cómo se encararon los experimentos cruciales en la Física. Es básico, entonces, que tienda hacia la "re-creación" del concepto, del modelo o del proceso.

Esta metodología debe volcar la investigación al aula, al laboratorio, no sólo en lo que hace a las ciencias en sí, sino en la formación básica de los futuros profesionales dado que el estudiante no sólo debe capacitarse para la aplicación práctica de los conocimientos sino también para su innovación. Ello favorecerá no sólo la aplicación tecnológica sino su desarrollo creativo.

Esto requiere que la experimentación sea un recurso permanente de la enseñanza. De allí que sea necesario seleccionar cuestiones y desarrollar los equipos adecuados para que se generen en el aula las condiciones sobre las que se desarrollará la conceptualización.

Esta metodología, basada en el acto de la investigación, modifica la relación social docente-alumno ya que ella se plantea a nivel de intercambio de experiencias, la refutación de conjeturas, la discusión de procedimientos, donde el aprendizaje se vuelve recíproco y donde carece de sentido toda postura autoritaria.

La evaluación adquiere sentido como acto dinámico y permanente en cuanto sigue la evolución del acto cognitivo en sí: como proceso formativo y como producto, y no ya sólo la confirmación de la existencia de información. La medición es, entonces, un recurso de la evaluación.

Así, el proceso de evaluación privilegiará los logros o aportes que, emergiendo del grupo, se reciclen hacia el mismo a través de sus implicancias sociales, en la relación docente-alumno.

e) **Actualización de los sistemas de aprendizajes.** El enfoque globalizante en la formulación del aprendizaje a través del esquema requiere de una permanente actualización en lo referente a avances científicos, desarrollo tecnológico y orientaciones actuales de la Psico-pedagogía. Esto supone, por otro lado, el compromiso de la función docente con la investigación a fin de que ambas posibiliten y garanti-

cen el rol de la Universidad dentro de la sociedad. También determina la importancia y hoy incuestionable necesidad del planteo de actividades interdisciplinarias.

Los sistemas de aprendizaje deben estructurarse permanentemente sobre base de las variables que en cada momento definan al acto educativo en sí, tales como:

- la etapa genética de la inteligencia del educando;
- las características de la formación previa del alumno en función del sistema educativo;
- la heterogeneidad de su formación;
- la incorporación masiva de alumnos con diferentes procedencias;
- el crecimiento del conocimiento científico y de los avances tecnológicos;
- la ubicación histórica y epistemológica de los conceptos;
- las implicancias socio-culturales del desarrollo científico-tecnológico;
- la necesidad de una formación integral;
- el desarrollo de diferentes sistemas de aprendizajes: sus aciertos y desventajas;
- las necesidades básicas para la construcción de la Ciencia Física y sus aplicaciones;
- los requerimientos del país;
- la necesidad de transformar la enseñanza de la Física en un hecho cultural.

Las modificaciones operadas en algunas de las mismas se reflejarán sobre tales sistemas, confiriéndoles un carácter dinámico esencial.

Simultáneamente, deben analizarse los mecanismos para darlos a conocer y hacerlos implementar bajo planes de asistencia docente en los distintos niveles de la enseñanza.

f) **La Física y su proyección hacia el desarrollo tecnológico.** Es hoy indiscutible la importancia del desarrollo de la Física, como de muchas otras ciencias, en la evolución de los conocimientos y en el cambio tecnológico. Por lo tanto, su enseñanza en la etapa de formación de profesionales requiere un estudio detallado para determinar las estructuras de conocimiento y sus relaciones sobre las que han de apoyarse los estudios específicos de la orientación. Sorprende el encuentro con ingenieros que aplican técnicas y procedimientos en forma mecánica, ignorando las bases sobre las que se asientan, como, del mismo modo, hallar físicos que desconocen que tam-

bién se investiga para el desarrollo de técnicas y aplicaciones.

Es frecuente escuchar a alumnos preguntar la importancia de la Física en su formación. Es posible que esa pregunta se origine en una mala relación en el proceso enseñanza-aprendizaje del área, basado en la falta de motivación adecuada, o en la selección de cuestiones, problemas y trabajos experimentales que no le permiten vislumbrar otros horizontes más afines con su especialidad. Esta falta de motivación atenta contra su formación ya que no le permite la aprehensión de conceptos ni propiciar, a partir de ellos, una actividad creativa o al menos innovadora.

g) **Bibliografía.** El estudio analógico-comparativo de la bibliografía existente en las distintas áreas es fundamental para recoger información acerca de:

- criterios vigentes para el desarrollo de conceptos;
- existencia de redes conceptuales;
- propuestas para el desarrollo experimental;
- prototipos de experimentos cruciales para el desarrollo de conceptos;
- orientaciones para la aplicación tecnológica;
- posibles errores conceptuales presentes en textos en uso;
- criterios para la formulación de cuestiones, problemas y ejercitaciones para el alumno;
- importancia del momento histórico-político-social en el desarrollo de la Ciencia Física, y su aspecto recíproco;
- tendencias para el desarrollo de un pensamiento crítico, creativo, abierto.

Esto proveerá criterios para el desarrollo de la investigación y la orientará hacia sus propias propuestas.

Propuesta para una enseñanza integrada en los distintos niveles del sistema educativo actual:

Si se entiende que los estudios universitarios constituyen una etapa en el sistema educativo argentino, que no puede fijar sus objetivos, contenidos y métodos en forma aislada y desconociendo la formación anterior del sujeto, se hace necesario diseñar un proyecto de enseñanza articulada entre los diferentes niveles, con participación de los estamentos docentes correspondientes.

La existencia, en la literatura correspondiente,

de trabajos relacionados con la investigación de las concepciones erróneas sugeridas por el sentido común y qué poco se modifican al concluir los cursos de Física, requieren la revisión de los planes de estudio y las metodologías aplicadas para su desarrollo.

La conservación de un pensamiento aristotélico medieval más allá de los estudios realizados, señala la falta de interiorización de los conceptos científicos, generalmente proveniente de la ausencia de repetidas confrontaciones de los preconceptos de los alumnos con ellos.

La motivación de una clase, el enfoque brindado al trabajo experimental, los criterios con que se encara la enseñanza de la resolución de problemas, los aspectos que se priorizan en la evaluación son elementos que requieren una revisión en la investigación sobre los aprendizajes en Física.

El esquema propuesto puede ser desarrollado en este contexto como un modelo para estudiar las interacciones dinámicas entre las estructuras mentales del observador y sus experiencias externas, que lo llevan a desarrollar nuevas concepciones y derribar progresivamente sus preconceptos. En este proceso, se va construyendo una red conceptual de información y relaciones que lleva hacia un pensamiento científico. (Es sumamente conveniente que quien trabaje en el área participe o al menos esté directamente vinculado con la investigación científica a fin de vivir el proceso).

Es evidente que esta construcción de estructuras mentales puede desarrollarse a través de actividades continuas, articuladas, coherentemente seleccionadas e integradas, en el marco de un sistema educativo.

De allí que sea fundamental el diseño de estructuras curriculares y metodologías para la enseñanza de las Ciencias Básicas Elementales en la escuela primaria y en Física, en los niveles secundario y terciario que lleven hacia el contacto con lo natural, generen interrogantes y promuevan la necesidad de la conceptualización como de su aplicación.

NOTA

El presente trabajo representa la base programática del Grupo de Conceptualización en la Enseñanza de la Física, con el cual se ha pretendido delinear el espíritu con que se encara la línea de investigación para una Educación en Física. El grupo, que puede considerarse relativamente nuevo, está generando con una metodología concreta (esquema de interacción y

construcción de modelos) el enfoque de temas específicos.

Se interesa en la transferencia a los docentes y en su asesoramiento para generar grupos operativos, base de un posible proyecto piloto.

Específicamente, se trabaja sobre la construcción de aprendizajes basados en:

- el diseño de experimentos relevantes;
- el reconocimiento de orden y regularidades en la información experimental → formulación de leyes empíricas;
- el planteo de hipótesis y la configuración de un modelo;
- la incorporación del formalismo matemático;
- la contrastación del modelo;
- la inferencia y la predicción.

En esta primera etapa se tiende a la formación y actualización del docente a través de cursos como el organizado por la Secretaría Local Cañada de Gómez de A. P. F. A. en julio de 1986, sobre "Introducción a la Teoría de la Estructura de la Materia", donde se jerarquiza el proceso con que se configura una forma de pensamiento y un método de trabajo. El producto (conceptos, explicaciones) cobra otro sentido, más allá de ser sólo información.

En este contexto,

- se ha desarrollado "Interferencia óptica";
- se prepara "Óptica Geométrica" (con posibilidad para su aplicación en la escuela secundaria).

El grupo prevé la implementación de cursos posteriores, interesándose en el contacto con docentes, a los cuales ofrece asesoramiento para la utilización de esta metodología de trabajo.

En una publicación próxima, se desarrollarán aspectos específicos vinculados con el modelo de interacción, presentado en la REF IV⁴.

BIBLIOGRAFIA

1. ALONSO M.: *Física, Tecnología y Desarrollo*, Informe Final de la Segunda Conferencia Interamericana sobre la Enseñanza de la Física, Venezuela, 1975.
2. KRANZBERG M., DAVENPORT W.: *Tecnología y Cultura*, Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1978.
3. SABATO J. A. (compilador): *El pensamiento latinoamericano en la problemática Ciencia-Tecnología-Desarrollo-Dependencia*, Ed. Paidós, Buenos Aires, 1975. (Se hace referencia a:
JAGUARIBE A., *¿Por qué no se ha desarrollado la Ciencia en América Latina?*
SUNKEL O.: *La Universidad latinoamericana ante el avance científico y técnico, algunas reflexiones.*
HERRERA A.: *Los determinantes sociales de la política científica en América Latina, política científica explícita, política científica implícita.*
SABATO J. A., BOTANA N.: *La Ciencia y la Tecnología en el desarrollo futuro de América Latina.*
SABATO J. A.: "Empresas y fábricas de tecnología".
4. MULHALL W., MASSA M, PEREYRA L., SANCHEZ P., MARCHISIO S., LOPEZ M. L.: *Propuesta para una organización conceptual de un curso de Física General: el esquema de interacción*, Memorias de la REF IV, (57-67), Tucumán, 1985.

Julio, 1986.