

**REPÚBLICA DE CUBA
INSTITUTO SUPERIOR PEDAGÓGICO
“ENRIQUE JOSÉ VARONA”
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

***LA FORMACIÓN INTERDISCIPLINARIA DE LOS
PROFESORES DE CIENCIAS: UN EJEMPLO EN EL
PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA
FÍSICA***

***TESIS EN OPCIÓN AL GRADO CIENTÍFICO DE
DOCTOR EN CIENCIAS PEDAGÓGICAS***

***AUTOR: PROF. LEOPOLDO FERNANDO PERERA CUMERMA
TUTORA: DRA. JULIA GARCÍA OTERO***

LA HABANA 2000

A mis padres
A Julita

SÍNTESIS

La necesidad de la educación científica de todos los ciudadanos, para situarlos a la altura de la época en que viven, exige prestar atención explícita a la formación interdisciplinaria de los profesores. Existe consenso, sin embargo, en que no abundan los ejemplos de la práctica de la interdisciplinariedad en los procesos de enseñanza-aprendizaje, menos aún en los de la enseñanza superior.

La tesis que se presenta penetra precisamente en este campo, proponiendo una concepción teórico-metodológica basada en la interdisciplinariedad en el ámbito de la formación de los profesores de ciencias. Esta concepción se concreta en el diseño, en el desarrollo y en la evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física para la formación de profesores de Biología, sin precedentes conocidos. Durante este proceso los estudiantes despliegan una intensa actividad investigativa, en la que establecen las relaciones interdisciplinarias entre la física, la biología y entre estas y otras ciencias y el mundo que les rodea, desde la perspectiva de su futura profesión.

Las exigencias de la metodología, denominada por el autor interdisciplinar-profesional, y sus resultados teóricos y prácticos han sido aplicados también en el programa del Curso Preparatorio de Física de la Escuela Latinoamericana de Ciencias Médicas, en la concepción de la asignatura Ciencias Naturales para el Curso Emergente de Profesores de Secundaria Básica (Los 100 Valientes) y podrían ser generalizados en la formación de profesores de otras especialidades y en otros contextos del proceso de enseñanza-aprendizaje, no solo del nivel superior.

INTRODUCCIÓN

La contribución del siglo XX a la investigación científica y a la tecnología ha sido inmensa. Sus resultados influyen significativamente sobre todas las esferas de la sociedad, cambiando, inclusive, el modo de vida del ciudadano común. Han obligado a revisar las concepciones sobre la ciencia y sobre la realidad, que se torna cada vez más compleja y cambiante. El inusitado desarrollo científico-técnico se caracteriza por un creciente proceso de integración, tendencia presente, prácticamente, en todas las actividades del ser humano (Lage A.. 1999a y 1999b, Núñez J. 1998, Hurd P. 1994).

Para responder a las exigencias de su tiempo, la educación contemporánea debe caracterizarse, tanto en la estructuración curricular como en el desarrollo metodológico del quehacer pedagógico, por la integración de los contenidos (conocimientos, habilidades, actitudes y valores) de las diferentes ramas de la cultura y por experiencias que faciliten una comprensión más reflexiva y crítica de la realidad (García J.1998, Gimeno J. y Pérez A.I.1992)

En correspondencia con el contexto actual en que se desarrolla la educación, se hace necesario proporcionar una educación científica a todos los ciudadanos, que perciban la ciencia como una actividad cultural que contribuye a prepararlos para la vida, como una de las premisas para la educación permanente. Esta educación científica del individuo ha de conducirlo *no sólo a saber de ciencia, sino también sobre la ciencia*: sus aspectos culturales, epistemológicos, éticos, sus relaciones con la tecnología y su repercusión social (Núñez J. 1998a).

Esta cuestión plantea la necesidad urgente de profundas transformaciones en la enseñanza aprendizaje de las ciencias. Existe consenso en destacar entre las cuestiones que requieren una mayor atención las siguientes:

- *Considerar los cambios experimentados en el contexto en el que transcurre el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias.*
- *Trabajar en la eliminación de las dificultades en el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias como uno de los requisitos para que se produzcan los necesarios cambios curriculares.*
- *Implementar los cambios, prestando atención al diseño de la actividad de aprendizaje para lograr una mayor dirección de esta.*
- *Encarar con urgencia la introducción en la práctica de la interdisciplinariedad en la enseñanza aprendizaje de las ciencias, por ser esta una de las características esenciales de la actividad investigadora y del desarrollo social.*

- *Revisar y cambiar las concepciones sobre la formación y superación de los profesores de ciencias, puesto que una de las premisas para lograr las transformaciones de la enseñanza aprendizaje de las ciencias es la adecuada preparación de los profesores, como principales encargados de ejecutarlas*
- *Prestar mayor atención, en el campo de las investigaciones de la Didáctica de las Ciencias, a los problemas de la formación y superación de los maestros, profesores y directivos.*

La interdisciplinariedad, como aspiración o tendencia hacia la unidad del saber, ha estado presente en todas las etapas de la historia de la ciencia, pero es hoy una necesidad de la práctica. Mas la intensificación actual de las relaciones entre las ciencias naturales, sociales y técnicas adquiere rasgos cualitativamente nuevos. Lo que antes constituía un conjunto de episodios aislados, hoy se manifiesta como proceso ininterrumpido, que afecta a la misma ciencia, a sus conexiones con la práctica y a la vida del ser humano. “La interdisciplinariedad no es un objetivo abstracto sino el movimiento del conocimiento desencadenado por las necesidades de la actividad científica vinculada a la práctica social” (141,5).

La imposibilidad de soslayar la interdisciplinariedad en la enseñanza contemporánea, y en particular de las ciencias, se debe a que, como nunca antes, es una necesidad objetiva del desarrollo de la actividad humana. Esta se manifiesta, entre otros, en las siguientes razones:

- El aumento de la complejidad de los objetos de la investigación científica.
- La naturaleza altamente compleja y variable de la propia realidad.
- Una parte importante de la búsqueda científica transcurre hoy en las fronteras o zonas de “empalme” de varias ciencias.
- El creciente proceso de integración ciencia-tecnología-producción.
- La necesidad de abordar los aspectos morales y axiológicos de la actividad investigadora contemporánea.
- La necesidad de resolver problemas globales complejos.
- La internacionalización de las investigaciones y de la producción.

La interdisciplinariedad significa, ante todo, un cambio de actitud frente a los problemas del conocimiento, una sustitución de la concepción fragmentaria por una unitaria del hombre y de la realidad en que vive (Perera F.1998). Como afirma Fazenda I. (1994), la interdisciplinariedad presupone un compromiso con la totalidad.

En los currículos la interdisciplinariedad es declarada, pero no practicada, entre otras razones, por la formación disciplinar de las personas que los diseñan y de los maestros y profesores que los desarrollan. Particularmente en nuestro contexto, la deficiente preparación interdisciplinar de profesores y directivos ha sido considerada como una de las cuestiones que impiden avanzar más a la escuela media cubana (Gómez L.I.1999a).

El carácter interdisciplinar del proceso de enseñanza aprendizaje requiere de una transformación profunda en las concepciones metodológicas de maestros, profesores y directivos y en las actitudes y relaciones entre los sujetos que intervienen en el proceso. Esto implica la formación de un nuevo tipo de profesor, capaz de acometer las necesarias transformaciones que requiere la educación.

Asumir acríticamente la idea de que la formación profesional, disciplinar y fragmentaria que se ha venido practicando, presupone tácitamente una formación interdisciplinar de los futuros profesionales, en vez de favorecerla, la ha anulado. De esta cuestión no está exenta la formación profesional pedagógica (Gómez L.I.1999b). Por tanto, se hace imprescindible la necesidad de prestar explícitamente atención a la introducción en la práctica de la interdisciplinariedad en la formación profesional de los profesores.

Las anteriores reflexiones y en particular la deficiente formación interdisciplinar de los profesores de ciencias, *de la que este autor ha sido partícipe durante casi dos décadas impartiendo Física*, y que es señalada como uno de los problemas actuales de la Didáctica de las Ciencias (Naturales), condujeron al planteamiento del siguiente **problema científico**:

¿Cómo favorecer, en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física, una formación interdisciplinar de los futuros profesores de ciencias?

Siendo el **objeto de estudio**:

La interdisciplinariedad en el proceso de enseñanza aprendizaje en la formación profesional.

Objetivo:

Proponer una concepción teórico – metodológica para la estructuración y desarrollo de un nuevo curso de Física que contribuya a la formación interdisciplinar de los futuros profesores de Biología.

Las **interrogantes científicas** que permitieron el desarrollo del proceso investigativo fueron las siguientes:

1. ¿Qué argumentos fundamentan teórica y metodológicamente la necesidad de atender explícitamente a la formación interdisciplinar de los profesores de ciencias?
2. ¿Cómo estructurar el nuevo curso de Física, que revele una orientación metodológica interdisciplinar en la formación profesional de los profesores de ciencias?
3. ¿Cómo desarrollar en la práctica el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física aplicando el principio interdisciplinar-profesional en la actividad del profesor y en la de los estudiantes?

Las **tareas de investigación** fueron las siguientes:

1. Estudio de los referentes teóricos derivados de ciencias como: Física, Biología, Psicología, Didáctica, Didáctica de las Ciencias y Didáctica de la Física. Además, materiales docentes metodológicos de la formación profesional pedagógica, de la Carrera de Biología y otros.
2. Caracterización de la situación real de la enseñanza aprendizaje de la Física entre los estudiantes de la Carrera de Biología del ISPEJV.
3. Elaboración de los presupuestos teóricos de partida que sustentarán las dimensiones metodológica y práctica del trabajo.
4. Elaboración de la metodología con enfoque interdisciplinar-profesional para la enseñanza aprendizaje de la Física.
5. Diseño del nuevo curso de Física para la Carrera de Biología, en el que se establecen las relaciones pertinentes entre los contenidos físicos (conocimientos, habilidades, actitudes y valores) y los biológicos, en función de la formación profesional de los sujetos.
6. Elaboración de los materiales docentes apropiados a las características del nuevo tipo de curso de Física, para la orientación y desarrollo de la actividad de los estudiantes.
7. Desarrollo del curso de Física interdisciplinar-profesional en grupos del primer año de la Carrera de Biología.
8. Valoración de la metodología interdisciplinar-profesional durante su aplicación y desarrollo.

Para desarrollar estas tareas se aplicaron métodos de investigación de carácter teórico y empírico, dentro de los que se encontraron:

Métodos teóricos:

El histórico-lógico, que nos permitió penetrar en el objeto de la investigación, sus antecedentes y desarrollo hasta nuestros días.

La modelación, que constituyó un método para la comprensión de cómo relacionar los modelos de la Física con los fenómenos y procesos biológicos predeterminados y elaborar la metodología interdisciplinar-profesional.

El análisis-síntesis, para la sistematización de las ideas relacionadas con el objeto de estudio y para establecer las múltiples relaciones entre las disciplinas y demás factores que intervienen en el proceso de enseñanza aprendizaje que se analiza.

Método sistémico, que proporcionó la orientación general para el estudio y solución integral del problema.

Métodos empíricos:

Análisis documental, para sistematizar los referentes bibliográficos y los documentos metodológicos a nuestro alcance, que permitió enfrentarnos a un buen número de referentes teóricos, en su mayoría de la actual década.

Fueron utilizadas la observación, las entrevistas, las encuestas y la valoración de especialistas. Estos permitieron recoger evidencias, criterios e informaciones que permitieron evaluar cualitativamente el desarrollo de la metodología interdisciplinar-profesional y los resultados que paulatinamente se alcanzaban.

Esta es una investigación en el campo de la Didáctica de las Ciencias y de carácter cualitativo. Sus fundamentos teórico-metodológicos descansan en los de la Didáctica, la Didáctica de las Ciencias y de la interdisciplinariedad, así como en los del desarrollo profesional de la personalidad.

Novedad:

Los planteamientos que se defienden en la tesis desde el punto de vista teórico, metodológico y práctico constituyen de los primeros de este tipo que se han diseñado y desarrollado en un centro de educación superior pedagógico, específicamente en la formación de profesores de ciencias.

La actualidad de la tesis radica en que aborda el tema de la interdisciplinariedad y su práctica, de suma importancia en el contexto de los problemas a los que debe dar urgente e insoslayable respuesta la educación superior contemporánea.

Aportes:

En la tesis se sistematiza toda la literatura accesible acerca de la temática y sobre la base de su procesamiento analítico sintético se arriba a una concepción teórica sobre la interdisciplinariedad en la ciencia y en el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias, que se expresa en:

- La significación de la interdisciplinariedad.
- La caracterización de la interdisciplinariedad como principio estructurante del proceso de enseñanza aprendizaje de la formación profesional.
- El establecimiento de los vínculos imprescindibles entre la interdisciplinariedad y la formación profesional.
- Los elementos básicos para el establecimiento de una metodología con enfoque interdisciplinar-profesional para la enseñanza aprendizaje de la Física, en la formación de profesores de ciencias.

Desde el punto de vista metodológico y práctico se aporta una concepción metodológica para el ejercicio en la práctica de la interdisciplinariedad, considerando todos los componentes del proceso de enseñanza aprendizaje en sentido general y en particular de las ciencias. Desde este punto de vista esto se concreta en:

- El diseño de un programa con fundamentos interdisciplinares para la enseñanza aprendizaje de la Física para futuros profesores de Biología, sin precedentes. Estos fundamentos pueden ser aplicables con similares objetivos para la formación de otros profesores y en otras instituciones de formación profesional.
- La elaboración de orientaciones metodológicas para que cualquier profesor de Física pueda trabajar con el programa.
- Un modelo metodológico que establece el sistema de relaciones entre los componentes del proceso para temáticas claves del programa diseñado.
- Un sistema de tareas para que el estudiante desarrolle el pensamiento interdisciplinar y ponga a prueba sus potencialidades creativas en el marco profesional.
- Un sistema de guías para los seminarios integradores con carácter interdisciplinar-profesional, para ser utilizados durante el desarrollo del programa, con una propuesta bibliográfica de suma amplitud para consulta del estudiante.
- Un manual de tareas de Física donde la interdisciplinariedad ocupa el centro de cada una de las situaciones problémicas que se le presentan al estudiante y que exigen de este la formación de un pensamiento y forma de actuación interdisciplinares, gradualmente concebida.
- Los resultados de la aplicación de la metodología durante más de 10 años de trabajo con resultados exitosos en los estudiantes que transitaron por esta práctica pedagógica.

La interdisciplinariedad concebida solamente como las relaciones entre los conocimientos de varias disciplinas constituye un error ampliamente difundido, que

lastra y limita los intentos de aplicarla en el proceso de enseñanza aprendizaje. En el contexto educativo Fiallo J. (1996) acertadamente insiste en el importante hecho de que la relación interdisciplinar abarca no sólo los nexos que se pueden establecer entre los sistemas de conocimientos de una asignatura y otra, sino también aquellos vínculos que se pueden crear entre los modos de actuación, formas del pensar, cualidades, valores y puntos de vista que potencian las diferentes asignaturas.

En la educación superior el enfoque profesional de cada disciplina lleva implícita, en su esencia, la necesidad de su enfoque interdisciplinar. Resulta erróneo, por tanto, considerar el enfoque profesional y la interdisciplinariedad como dos aspectos diferentes de la formación profesional.

Se hace necesario aplicar lo que denominamos principio *interdisciplinar-profesional* para el diseño y desarrollo del proceso de enseñanza aprendizaje de la formación profesional. Esta denominación no significa una dicotomía, que precisamente rechazamos, sino que tiene como fin llamar la atención sobre el carácter interdisciplinar que necesita la formación de los futuros profesionales. Este principio encuentra su fundamento en la realidad objetiva, en la vida misma. En la tendencia hacia la integración, que caracteriza a la etapa actual del desarrollo de la humanidad.

Para nosotros, ***el principio interdisciplinar - profesional es aquel que dirige el proceso de enseñanza aprendizaje hacia la preparación de un futuro profesional capaz de solucionar integralmente los problemas que enfrentará en su futuro desempeño profesional.***

En el caso de la formación de profesores es imposible soslayar este principio si se desea que la formación del futuro profesional de la docencia sea una formación contextualizada con su época, con su entorno, comprometida con las necesidades y demandas de la sociedad y del país en que vive, al mismo tiempo que sea científica, profundamente humana y le permita a este profesional trascender formas tradicionales de interacción con los sujetos de aprendizaje, que le faciliten su crecimiento.

Aplicar este principio es considerar las relaciones entre las ciencias, pero también los problemas de la profesión, o sea, los relacionados con el objeto y la lógica de trabajo del futuro profesional.

Para resolver el problema científico planteado se elaboró y aplicó una metodología denominada interdisciplinar-profesional. El sustrato de la metodología descansa en el cumplimiento de los principios didácticos que, actuando en sistema, se relacionan de forma coordinada y/o subordinada para interactuar. En este caso, el principio

interdisciplinar-profesional se convierte en el que rige y fue un hilo conductor que permitió siempre mantener el carácter interdisciplinar-profesional de la actividad del profesor y de los estudiantes.

Esta metodología cumple con un conjunto de exigencias generales, que son:

1. *Partir de la interdisciplinariedad entre las ciencias (conocimientos, métodos, actitudes y valores, lenguaje).*
2. *La relación entre el contenido de la ciencia y los métodos y las formas de trabajo empleados en su enseñanza.*
3. *Atención a los problemas de la formación profesional.*
4. *Carácter interdisciplinar del proceso de enseñanza aprendizaje.*
5. *Relaciones dialógicas entre los sujetos que intervienen en el proceso.*
6. *Flexibilidad y carácter abierto del proceso.*
7. *Perfeccionamiento continuo del proceso.*
8. *Carácter sistémico del proceso.*

Estas exigencias constituyen, conjuntamente con las acciones desplegadas para su aplicación práctica, los rasgos distintivos que determinan sus diferencias cualitativas con respecto a otras metodologías que se han utilizado en la enseñanza aprendizaje de la Física para la formación profesional. Su adopción implica un cambio en las concepciones metodológicas anteriores y un abandono de las ideas de sentido común en la enseñanza aprendizaje de las ciencias (Gil D. 1996).

Parte esencial del desarrollo del nuevo curso de Física interdisciplinar-profesional es la actividad de los estudiantes, caracterizada por la realización de un sistema de tareas. Según Fernández M. (1994) la solución de situaciones problemáticas y tareas prácticas son favorecidas “por un diseño curricular que ha incorporado a su sustancia más medular y organizativa la interdisciplinariedad” (64,543). Esta ventaja también es advertida por Taba H. (1974) y Gimeno J y Pérez A.I. (1992).

El diseño y realización de sistemas de tareas o actividades, basados en la actividad del sujeto que aprende y considerados como una de las formas más efectivas de aprendizaje (Gil D. y Valdés P. 1996, Marín N.1997, Valdés R. y Valdés P. 1999, Martínez M.1999, Silvestre M. 1999), forman parte de las tendencias contemporáneas de la Didáctica de las Ciencias.

El sistema de tareas interdisciplinar-profesional consta de tareas cuyo enunciado direcciona la ejecución de la relación interdisciplinar entre la Física y la Biología, así como la aplicación por los estudiantes de métodos de trabajo de la actividad científica, potenciando el desarrollo de habilidades, valores y formas de actuar profesionales.

El contenido de las tareas de este sistema está vinculado con los intereses cognoscitivos y profesionales de los estudiantes y exigen la participación comprometida de

los mismos, basada en la actividad investigativa orientada por el profesor. Uno de sus rasgos particulares son los seminarios integradores, que resultan las tareas más complejas del sistema y constituyen ejemplos sobresalientes de síntesis interdisciplinar.

El principal resultado de esta tesis es la metodología elaborada que, *trascendiendo los marcos puramente teóricos, es un ejemplo de sostenida aplicación en la práctica de la interdisciplinariedad por parte de profesores y de estudiantes*. Su relevancia está dada también por producirse en el campo de la formación de profesores de ciencias, los que deben proporcionar la educación científica que reclama nuestra época, que comprende *una formación interdisciplinar como elemento importante de la formación integral de los ciudadanos*.

Su concepción teórico-metodológica está sustentada científicamente en la sistematización de las ideas sobre la interdisciplinariedad, llevadas al contexto de la formación profesional pedagógica. Todo esto se patentiza a su vez en una serie de resultados que conforman un sistema coherente. Los principales son los siguientes:

1. *Diseño y desarrollo de un nuevo curso de Física con un enfoque interdisciplinar-profesional, aplicado en la Carrera de Biología de la Licenciatura en Educación*. Este está enmarcado en las actuales tendencias de la Didáctica de las Ciencias y responde a la necesidad de introducir la práctica interdisciplinar en sus currículos y proporcionar una formación interdisciplinar a los profesores de ciencias.
2. *Elaboración de los materiales docentes apropiados para el curso*. Por estar basado en la interdisciplinariedad, el curso requirió de la elaboración especial de materiales docentes para la orientación y desarrollo de la actividad de los estudiantes. Estos son: Selección de tareas de Física para estudiantes de Biología y Guías para la preparación de los seminarios integradores.
3. *Un aumento cuantitativo y cualitativo en los resultados académicos del curso*. Los estudiantes que aprueban el curso de Física demuestran que han desarrollado habilidades para aplicar lo aprendido, estableciendo relaciones interdisciplinarias y utilizando métodos de trabajo similares a los de la actividad investigativa contemporánea, de la ciencia y de la docencia.
4. *Las transformaciones en la actitud de los estudiantes durante el desarrollo de la metodología*. Partiendo de una actitud inicial de escepticismo o de rechazo, se desarrolla en los estudiantes una apreciable actividad investigativa. Se evidencia la tendencia a dar explicaciones a fenómenos y procesos observados en su vida diaria y

una actitud de inclinación hacia el análisis, hacia la búsqueda de explicaciones científicas de los fenómenos y procesos observados dentro y fuera del marco curricular.

Se logra que los estudiantes consideren las actividades de Física como momentos idóneos para consultar sus inquietudes, comprobar explicaciones, aclarar puntos de vista, relacionados con las ciencias y *con su enseñanza*.

Otras aplicaciones y resultados en la práctica pedagógica. Los resultados han sido introducidos en otros ámbitos educacionales, no solo de la enseñanza superior sino también en la enseñanza media. Estos han sido expuestos en numerosos eventos nacionales e internacionales y en diversas publicaciones. Se han impartido distintos cursos de postgrado y conferencias sobre el tema. El contenido de la tesis ha servido como referente teórico a otros trabajos científicos, como tesis de maestría y de doctorado, nacionales y extranjeras, y a otros intentos por introducir la interdisciplinariedad en la práctica pedagógica. El autor ha asesorado distintas tesis de maestría, relacionadas con la introducción de la interdisciplinariedad en la escuela media, con la formación de profesores de otras especialidades y de otros profesionales.

La tesis consta de introducción, tres capítulos, conclusiones, bibliografía y numerosos anexos, entre los que están los materiales docentes diseñados especialmente para el curso.

En el capítulo 1 se sistematizan las ideas que sobre la interdisciplinariedad plantean los distintos referentes teóricos y se asume una posición al respecto. Se plantea y discute el principio interdisciplinar-profesional en la formación profesional y se analiza su aplicación, particularmente, en la formación de profesores de ciencias.

El capítulo 2 presenta las exigencias de la concepción teórica de la metodología interdisciplinar-profesional. Se explican detalladamente las acciones que concretan en la práctica el desarrollo de esta metodología. Se plantean las bases de la concepción y desarrollo del sistema de tareas interdisciplinar-profesional y se analizan sus particularidades, mediante ejemplos concretos de su aplicación.

En el capítulo 3 se describe la aplicación de la metodología interdisciplinar-profesional en el desarrollo de dos temas del curso de Física. Por último se hace un análisis de los resultados obtenidos más importantes y de su introducción en otros ámbitos educativos.

1. LA INTERDISCIPLINARIEDAD: UNA NECESIDAD DE LA ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

“ De lo cual se deduce que se enseñan muy mal las ciencias cuando su enseñanza no va precedida de un vago y general diseño de toda la cultura, pues no hay nadie que pueda ser instruido de tal manera que resulte perfecto en cualquier ciencia particular sin relación con las demás”.

Juan Amos Comenio

1.1. La enseñanza aprendizaje de las ciencias en las condiciones actuales

Vivimos una época en que se produce una intensiva producción de conocimientos y un inusitado desarrollo de la ciencia y de la tecnología, caracterizados por un creciente proceso de integración. Sus resultados impactan en los cambios que se suceden en todas las esferas de la sociedad y en la vida del ciudadano común (Lage A. 1999a y 1999b, Núñez J. 1998, Valdés R. y Valdés P. 1999, Perera F.1998, Hurd P.1994).

Ante estas circunstancias la educación en la que impera el enfoque disciplinar y la parcelación del saber constituye un freno. En este sentido advierte Núñez J. (1998): “En la perspectiva de los cambios que se suceden en el mundo los países y las personas que no posean una buena formación, susceptible de permanente actualización, quedarán marginadas en lo económico, lo social y lo cultural” (140, 25).

La educación contemporánea debe caracterizarse, tanto en la estructuración curricular como en el desarrollo metodológico del quehacer pedagógico, por la integración de los contenidos (conocimientos, habilidades, actitudes y valores) y por experiencias que faciliten una comprensión más reflexiva y crítica de la realidad. Se plantea la necesidad de una educación básica que forme a un individuo “no fragmentado” (Martínez M. 1999) y lo prepare para una educación permanente. Una educación que revalorice, además, “sus aspectos éticos y culturales” (46,21), basada en cuatro pilares: “Aprender a conocer, aprender a actuar, aprender a vivir juntos y aprender a ser” (47, 10).

En correspondencia con el contexto actual en que se desarrolla la educación, las cuestiones sobre la enseñanza aprendizaje de las ciencias ocupan un plano de atención de primerísima importancia. El carácter social de la ciencia y de la tecnología, hasta cierto punto soslayado hasta fines de la década de los años 50 de nuestro siglo, principalmente en occidente, ocupa hoy un lugar destacado en la investigación académica, en la política pública y en la educación (Núñez J. 1998, Lage A. 1999a).

La enseñanza de las ciencias debe favorecer que el ciudadano común tenga un “cierto grado de comprensión científica” (Russell B. 1996), que perciba la ciencia como una

actividad cultural, que contribuya a prepararlo para la vida. Que aprenda a conocer “teniendo en cuenta los rápidos cambios derivados de los avances de la ciencia “ (46,17), como una de las premisas para la educación permanente.

Consideramos que el significado de la educación científica es expresado claramente por Ershov Y. (1987): “Cuando el hombre aprende a ver la interconexión de la ciencia y la sociedad le es más fácil comprender y apreciar los hechos y fenómenos de la realidad. Con mayor seguridad asume responsabilidad por todo lo que ocurre en el mundo, sin lo cual, propiamente dicho, no hay ni puede haber un auténtico científico y ciudadano” (58,29). Esta educación científica del individuo ha de conducirlo *no sólo a saber de ciencia, sino también sobre la ciencia*: sus aspectos culturales, epistemológicos, éticos, sus relaciones con la tecnología y su repercusión social (Núñez J.1998).

La necesidad de inevitables cambios en la enseñanza de las ciencias naturales, sus problemas y tendencias innovadoras, han sido y son objeto de continua reflexión y debates en distintos escenarios (Valdés R. y Valdés P. 1999; Gil D. y Valdés P. 1996; Marín N.1997; Hurd P.1994; Perera F.1995).

Durante el V Taller Internacional sobre Enseñanza de la Física y el I Taller sobre Enseñanza de las Ciencias Experimentales y la Matemática celebrado en diciembre de 1998 en nuestro país, se reflexionó acerca de las cuestiones actuales de la enseñanza de las ciencias. Entre los que participamos existió consenso en destacar como aquellas cuestiones y problemas que requieren una mayor atención los siguientes:

- *Considerar los cambios experimentados en el contexto en el que transcurre el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias:*
 - La actividad científico-tecnológica y sus resultados tienen una gran repercusión social, casi inmediata. De igual manera la vida del hombre común y su entorno son ostensiblemente afectados.
 - El objeto de estudio de la propia ciencia ha cambiado. Enfatiza su actividad investigativa en el micro y el megamundo y proporciona una nueva visión sobre el macro mundo.
 - La ciencia ha adquirido mayor función proyectiva, constituyéndose en fuerza productiva, que determina la competitividad y la capacidad económica de un país.
 - Ocurre un acelerado proceso de integración de las ciencias. La investigación científica requiere cada vez más de la interdisciplinariedad.

- *Trabajar en la eliminación de las dificultades en el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias como uno de los requisitos para que se produzcan los necesarios cambios curriculares:*
 - Se precisa redefinir el objetivo de la enseñanza aprendizaje de las ciencias: ¿para qué enseñamos ciencias? Su objetivo debe ser cultural, con vistas a preparar para la vida a las generaciones venideras. Es necesario que el individuo no solo conozca de ciencia, sino también sobre la ciencia, que sus contenidos les resulten significativos para su vida.
 - Es preciso que los métodos de trabajo en el aula, de acuerdo con las condiciones, se asemejen a los del trabajo científico, tales como: elevado nivel de trabajo colectivo, automatización y elevado nivel teórico.
 - La enseñanza de las ciencias ha de contribuir a preparar al hombre para saber hacer, para ser, para comprender y para convivir. Sin embargo, existen deficiencias en el dominio de conceptos, en el desarrollo de habilidades y en la formación de actitudes y de valores en los alumnos.
- *Implementar los cambios, prestando atención al diseño de la actividad de aprendizaje para lograr una mayor dirección:*
 - Es necesario considerar la masividad de la educación y el cambio de los intereses de los niños y jóvenes.
 - Debe fomentarse en ellos una actitud positiva hacia el estudio de las ciencias.
- *Encarar con urgencia la introducción en la práctica de la interdisciplinariedad en la enseñanza aprendizaje de las ciencias, por ser esta una de las características esenciales de la actividad investigadora y del desarrollo social.*
 - La interdisciplinariedad es uno de los rasgos distintivos de la realidad de hoy, por lo que su práctica no puede ser soslayada por los procesos educativos.
 - Es necesario analizar el aporte de cada disciplina al currículo desde una perspectiva interdisciplinar para lograr una formación integral del educando.
 - Remodelar también desde esta perspectiva los contenidos y métodos de la enseñanza de las ciencias.
 - Esta es la vía fundamental para eliminar las dificultades que se confrontan para la realización de investigaciones interdisciplinares.
- *Revisar y cambiar las concepciones sobre la formación y superación de los profesores de ciencias, puesto que una de las premisas para lograr las transformaciones de la enseñanza aprendizaje de las ciencias es su adecuada preparación, como principales encargados de ejecutarlas.*

- Al profesor se le pide asumir funciones para las que necesita prepararse, adecuar o cambiar sus concepciones acerca de la pedagogía, la didáctica, la ciencia de la cual se nutre y sobre la enseñanza de las ciencias, en general y en particular.
- La formación de profesores debe contemplar también estas exigencias.
- Aunque está consciente de la necesidad de los cambios, se resiste a ellos debido a múltiples factores, que pudieran estar vinculados, entre otros, con el hecho de que no se les da participación en la elaboración de las nuevas estrategias de cambio; con la existencia de cierta inercia y rutina en su trabajo, en la que influyen la falta de tiempo y la falta de una adecuada estimulación y reconocimiento sociales.
- Está urgido del vínculo con otros colegas no solo como una vía para el intercambio académico sino para propiciar el diálogo y la reflexión en torno a sus desempeños y a la necesidad de mejorar y perfeccionar las relaciones intersubjetivas que se manifiestan en su contexto de actuación profesional.
- *Prestar mayor atención, en el campo de las investigaciones de la Didáctica de las Ciencias, a los problemas de la formación y superación de los maestros, profesores y directivos.*

Cuando se analizan los trabajos y temas presentados en estos talleres y en otros foros de carácter nacional o internacional se aprecia que un notable número de ellos aborda estas cuestiones, relacionadas de una u otra forma, con los siguientes problemas específicos de la enseñanza aprendizaje de las ciencias y que son objeto frecuente de investigación en el campo de la Didáctica de las Ciencias:

- Las dificultades del alumnado para transferir lo aprendido en un contexto a otro distinto, en concreto la persistencia de ideas alternativas en la interpretación de fenómenos naturales.
- La necesidad de contextualizar la enseñanza de las ciencias, dada la relevancia de los contenidos de ciencias para la vida de las personas.
- Cómo desarrollar actitudes positivas y críticas hacia la ciencia, para superar la situación de desinterés que manifiestan los alumnos a lo largo de su escolarización (Marín N. 1997).
- Concebir el aprendizaje de las ciencias no como simple cambio conceptual, sino como un cambio a la vez conceptual, metodológico y actitudinal (Gil et al 1999).

Especialistas como Macedo B. (1998) consideran necesarios los cambios en la enseñanza de las ciencias, debido a la insatisfacción existente acerca de la “formación

científica de los niños”, que genera en ellos sentimientos de fracaso y de inaccesibilidad para su aprendizaje. Considera que esto es debido, entre otras causas, a:

- Traslado a la escuela de la lógica de las disciplinas científicas
- La utilización de un modelo expositivo de transmisión verbal, donde el profesor es el actor principal y el alumno un receptor pasivo, repetidor de lo que recibe
- Concebir la ciencia como un conjunto de verdades definitivas
- La existencia de programas enciclopédicos

Considera que el cambio debe proporcionar una enseñanza de las ciencias:

- para todos los ciudadanos, dirigida a alumnos y alumnas que en su mayoría no van a ser científicos
- que incluya valores relacionados con el vínculo Ciencia Técnica y Sociedad.
- que proporcione conocimientos que tengan significación personal para los alumnos y las alumnas, relacionados con su calidad de vida y con los de la comunidad
- que sirva de puente para la educación permanente y de acceso a estudios universitarios
- que contribuya a formar ciudadanos críticos, consecuentes y solidarios

Otros análisis, como el de Moltó E. (1998), proporcionan más elementos sobre los factores que inciden negativamente en el aprendizaje de las asignaturas de ciencias y en la actitud de los alumnos hacia su estudio. En sentido general, de sus criterios hemos seleccionado como aspectos que entendemos sobresalientes, los siguientes:

Según Moltó, existe una separación entre las necesidades reales de los estudiantes, la sociedad en general y lo que se estudia en la escuela, provocando que el aprendizaje se produzca de manera formal y obligatoria cuando el estudiante no percibe la utilidad de lo que aprende para su vida. Por otra parte, la forma en que el estudiante aprende los conocimientos científicos, hace que pasado un tiempo casi no recuerde lo aprendido siendo incapaz de aplicarlo para resolver los problemas que se le presentan en su vida. El fin del aprendizaje de las ciencias en la escuela se torna entonces como un problema, cuya solución es sacar buenas notas en los exámenes, sin importar mucho cómo lograrlo, con lo que la preparación para la vida futura que está en la base de la ciencia se pierde en la visión de los estudiantes.

Al analizar los problemas que encara la enseñanza aprendizaje de las ciencias, a propósito de la actitud de los alumnos en la actividad de estudio, consideramos importante destacar los planteamientos de González F. y Mitjáns A. (1986), cuando aseveran que “ las características de los planes y programas de estudio y,

especialmente, la forma de su impartición, contribuirán o no a desarrollar intereses y capacidades vinculadas a un área específica del conocimiento. Se ha demostrado en innumerables trabajos que, a veces, los alumnos crean rechazo a ciertas materias, no por su contenido, sino por la forma en que estas son impartidas” (95,196).

Examinando el estado actual de la enseñanza científica, que se presenta como en “un virtual callejón sin salida”, saliendo en defensa de las nuevas concepciones de enseñanza de las ciencias frente a los seguidores de lo tradicional, Pozo J.I. (1997) señala lo que pareciera confirmación de lo anteriormente apuntado:

“Los alumnos prefieren de modo mayoritario aprender otras cosas, quizás como consecuencia de la ciencia que se les ha enseñado pero que no han aprendido” (157,102).

Las conclusiones planteadas por estos autores reafirman la imposibilidad de lograr cambios en la educación científica desde posiciones tradicionales, encerradas en marcos disciplinares descontextualizados de la realidad, dentro de los cuales aún algunos pretenden realizarlos.

Consideramos que estas posiciones forman parte del “*pensamiento docente de sentido común*” (Gil D. 1996), que poseen los profesores de ciencias, conformado por una “serie de ideas, comportamientos y actitudes en torno a los problemas de enseñanza aprendizaje que pueden constituir obstáculos para una actividad docente innovadora en la medida misma en que se trata de concepciones espontáneas, aceptadas acríticamente como parte de una docencia de sentido común” (79,21). Este pensamiento “de sentido común” refleja las concepciones erróneas que pueden tener los profesores sobre la ciencia o las ideas erróneas sobre su enseñanza, o ambas cosas al mismo tiempo.

Por lo general el modelo de enseñanza aprendizaje de las ciencias se mantiene siendo el mismo que criticó el ilustre pedagogo cubano Enrique José Varona, cuando escribió: “se elabora un programa, se amolda al programa un texto, el profesor se esclaviza al texto, y el alumno aprende que cuanto necesita es contestar de cualquier modo a una serie de preguntas estereotipadas” (193, 69).

Estos planteamientos, que coinciden con otros análisis autorales y con nuestros propios criterios, indican la necesidad urgente de un profundo cambio en las concepciones acerca de la enseñanza aprendizaje de las ciencias, lo *que exige una urgente revisión de la formación y la superación de los maestros, profesores y directivos*. Estamos de acuerdo en que “no basta con diseñar cuidadosamente y

fundamentadamente un currículo si el profesorado no ha recibido la preparación adecuada para recibirlo” (81,8).

Sin embargo, somos del criterio que aún es insuficiente la atención prestada a la formación y superación de los profesores de ciencias para su participación activa y consciente en las transformaciones que se proponen. Macedo B. y Furió M. (1999) advierten que hoy se hace necesario investigar en Didáctica de las Ciencias en la esfera de la formación de profesores. Estas han ido separadas y su unión es la clave para que surjan cambios efectivos en la enseñanza aprendizaje de las ciencias en nuestros países iberoamericanos.

También estimamos que menos atención aún se ha prestado al análisis e introducción en la práctica de la interdisciplinariedad en la enseñanza aprendizaje de las ciencias, pese a ser esta una de las características esenciales de la actividad investigativa y del desarrollo social contemporáneos. Según Gil D. (1999), en la enseñanza de las ciencias la interdisciplinariedad existe en el plano teórico, quizás pudieran encontrarse algunas aplicaciones en la práctica, pero estas serían puntuales.

1.2. La interdisciplinariedad: una necesidad objetiva de la actividad investigadora y del desarrollo social contemporáneos

La interdisciplinariedad, como aspiración o tendencia hacia la unidad del saber, ha estado presente en todas las etapas de la historia de la ciencia. Pero la intensificación actual de las relaciones entre las ciencias naturales, sociales y técnicas adquieren rasgos cualitativamente nuevos: lo que antes constituía un conjunto de episodios aislados, hoy se manifiesta como proceso ininterrumpido, que afecta a la misma ciencia, a sus conexiones con la práctica y a la vida del ser humano.

La interdisciplinariedad aparece para dar respuesta a los problemas de organización y de optimización de la investigación y de la enseñanza aprendizaje de las ciencias.

La interdisciplinariedad, y las prácticas educativas integradoras, tienen sus bases en la internacionalización y complejización de la vida social, económica, política y cultural, uno de cuyos principales motores es el desarrollo de la ciencia y de la tecnología. Consideramos clave para la comprensión de la esencia y del papel de la interdisciplinariedad en la realidad de nuestros días, la reflexión que hace Núñez J. (1999) al respecto: “La interdisciplinariedad no es un objetivo abstracto sino el movimiento del conocimiento desencadenado por las necesidades de la actividad científica vinculada a la práctica social” (141, 5).

La imposibilidad de soslayar la interdisciplinariedad en la enseñanza contemporánea, y en particular de las ciencias, radica en que actualmente es, como nunca antes, una necesidad objetiva del desarrollo de la actividad humana. Esta se manifiesta, entre otros, en las siguientes razones:

- *El aumento de la complejidad de los objetos de la investigación científica.*
- *La naturaleza altamente compleja y variable de la propia realidad.*
- *Una parte importante de la búsqueda científica transcurre hoy en las fronteras o zonas de “empalme” de varias ciencias.*
- *El creciente proceso de integración ciencia-tecnología-producción.*
- *La necesidad de abordar los aspectos morales y axiológicos de la actividad investigadora contemporánea.*
- *La necesidad de resolver problemas globales complejos.*
- *La internacionalización de las investigaciones y de la producción.*

Seguidamente se explica resumidamente cada uno de estos argumentos.

- *El aumento de la complejidad de los objetos de la investigación científica.*

En su devenir histórico la ciencia ha estudiado distintos tipos de objetos sistémicos, revelando sus propiedades y enunciando las leyes sobre su funcionamiento y transformación. La ciencia de los siglos XVII y XVIII, en la que dominaba el cuadro mecánico del mundo, se dirigía a describir y explicar los objetos mecánicos que constituían pequeños sistemas. Para estudiarlos estos sistemas se consideraban invariables y formados por la suma de sus partes.

Cuando la ciencia pasa a estudiar sistemas grandes o complejos se aprecia la insuficiencia del enfoque mecanicista dado a los sistemas simples. Ya el objeto no puede considerarse invariable, sino que debe ser entendido como un ente dinámico, cuyas propiedades distintivas se revelan de la compleja interacción de los elementos o partes que lo conforman. Es preciso analizar este objeto “como un proceso peculiar, que reproduce determinados estados estables y, al mismo tiempo, variable en una serie de sus características” (181,70).

Hoy uno de los objetos de la ciencia es el propio hombre que, como ser vivo, es ejemplo típico de sistema complejo. Un ser vivo está formado por partes (órganos), que son a su vez sistemas complejos. Cada parte funciona de manera compleja y disímil. Sin embargo, para el ser vivo es esencial solo el funcionamiento íntegro de todos los órganos; lo decisivamente importante no es la relación entre las partes del

sistema, sino la relación entre las funciones que realizan (Stiopin V. 1987, Núñez J. 1999a).

El funcionamiento de estos objetos de la naturaleza viva se basa en los procesos físico-químicos, sin embargo la explicación de su actividad vital no puede reducirse al lenguaje de la Física y de la Química. En esta explicación concurren, además, las disciplinas biológicas y otras, sociales y técnicas incluidas, en estrecha relación (Kuptsov V. 1987). Por ejemplo, los movimientos del hombre no puede estudiarse solamente con la aplicación de la mecánica. Es necesario un enfoque sistémico del objeto, en el que concurren, junto con la mecánica, la fisiología, la anatomía, la morfología, la psicología, la informática, entre las más importantes. Estas conforman una nueva ciencia, interdisciplinar: la biomecánica. (Zatsiorski V. 1987, Perera F. 1997).

La crisis de las bases filosófico-metodológicas de las ciencias a inicios del siglo XX, motivó que se abandonaran las nociones de un mundo compuesto por elementos inmutables dispersos y se afianzara el punto de vista dialéctico del mundo como un todo sistémico en desarrollo.

Los profundos cambios cualitativos ocurridos en la práctica del desarrollo científico-técnico y social, han generado objetos gigantescos por su envergadura y complejidad. En el marco de cada objeto se intensifica la interconexión de los factores cualitativamente heterogéneos (económicos, sociales, políticos, ecológicos y técnicos), aumenta la interdependencia de los distintos niveles de la estructura de los propios objetos y se acelera el ritmo de los procesos que tienen lugar en ellos. El estudio de estos objetos requiere considerarlos como sistemas de gran complejidad, aplicando nuevos métodos científicos generales de investigación, (como el enfoque sistémico), que tienen entre sus principios a la interdisciplinariedad (Gvishiani Y. 1982).

- *La naturaleza altamente compleja y variable de la propia realidad.*

La realidad en la que vivimos es altamente compleja y cambiante. Comprenderla no es posible con un enfoque reduccionista o simplista que considere la unidad y la diversidad de la realidad como entes separados (Kuptsov V. 1982). Es preciso tener un pensamiento complejo, porque lo complejo ha pasado a ser parte de nuestra vida cotidiana.

Consideramos que el contenido del pensamiento complejo es expresado por Morin E. (1996) cuando afirma: "El pensamiento complejo es un pensamiento que trata a la vez

de vincular y de distinguir – pero sin desunir (139,10)...Que es capaz de reunir, contextualizar, globalizar, pero reconociendo lo singular y lo concreto” (139,14).

Estos criterios que avalan la necesidad de la interdisciplinariedad en las condiciones de la actividad humana contemporánea coinciden, de manera general, con los de otros autores, como Valdés R. y Valdés P. (1999), Martínez M. (1997), Torres J. (1994), Núñez J. (1999), Taba H. (1974) y Ander-Egg E. (1994). Por ejemplo, este último autor considera lo siguiente:

“Las razones y la necesidad de un abordaje interdisciplinar surgen de la idea de complejidad o, para ser más precisos, surgen del hecho mismo de asumir la complejidad de lo real. Pero todo esto no nace de especulaciones de gabinete (puede serlo en algunos casos, pero es la excepción), sino que surge de una doble preocupación práctica:

- La búsqueda de un mejor tratamiento de problemas prácticos; es en las ciencias aplicadas, o en la aplicación de las ciencias, donde la interdisciplinariedad encuentra su lugar de realización.
- La necesidad de una mayor calidad y profundidad en las investigaciones científicas, habida cuenta de los problemas que la investigación confronta y que un abordaje exclusivamente desde una disciplina en particular, unidimensionaliza el análisis y produce una inevitable reducción o simplificación” (11,27).

“Tenemos que aprender a pensar la complejidad; que también es a pensar interdisciplinarmente” (11,59).

Analizando lo anteriormente expuesto, **consideramos que la interdisciplinariedad significa, ante todo, un cambio de actitud frente a los problemas del conocimiento, una sustitución de la concepción fragmentaria por una unitaria del hombre y de la realidad en que vive.** Como afirma Fazenda I. (1994), la interdisciplinariedad presupone un compromiso con la totalidad.

- *Una parte importante de la búsqueda científica transcurre hoy en las fronteras o zonas de “empalme” de varias ciencias.*

En la historia del desarrollo de la ciencia se manifiestan dos tendencias contrapuestas: una dirigida a la integración de los conocimientos y la otra a la diferenciación de estos (Kedrov B. 1973). En una etapa histórica determinada puede predominar una u otra, pero no existe una sin la otra. Si bien desde el surgimiento de las ciencias naturales en la segunda mitad del siglo XV hasta finales del siglo XIX predominó la tendencia de la diferenciación de los conocimientos, (impulsada por los intereses de la técnica y de la

producción), en la etapa actual la interdependencia entre ambas tendencias se acentúa, de manera que la acentuación de una conlleva la acentuación de la otra (Engels F.1987).

El proceso de desarrollo del conocimiento del hombre sobre la naturaleza hizo necesaria, en un momento determinado, la descomposición de esta en partes aisladas para su estudio, lo que ocasionó una diferenciación profunda de las ciencias naturales. Este método analítico de estudio de la naturaleza se arraigó fuertemente en las mentes de los naturalistas que fijaron límites rígidos, rupturas, entre los distintos fenómenos de la naturaleza, enmarcados en los dominios particulares de cada ciencia.

Este modo metafísico del pensamiento frenó el desarrollo de las ciencias naturales, sobre todo en el siglo XIX. Los nuevos descubrimientos abrieron paso a la idea de la interconexión de los fenómenos naturales, de la necesidad de la síntesis del cuadro de la naturaleza en conjunto. El descubrimiento de la ley de la conservación y transformación de la energía en los años 40 del siglo XIX, partiendo de la observación del cambio de coloración de la sangre hecha por el médico y naturalista alemán J.Mayer, marcó el inicio de la integración de las ciencias (Bogdánov K.1989).

El desarrollo de las ciencias hasta mediados del siglo XIX y de las políticas de fragmentación y de especialización de los procesos de producción capitalista tuvieron su reflejo en los sistemas educativos. Se produce una atomización en los contenidos y en las tareas escolares, aparecen los currículos organizados en disciplinas, que reflejan marcos conceptuales, métodos y procedimientos especializados circunscritos a un ámbito muy específico de la realidad. Su impartición como transmisión de saberes acabados, en los que está presente el enciclopedismo, provocó la parcelación del saber y alejó a la escuela de la realidad y de la función social a ella encomendada (D'Hainaut L.1980, Torres J.1994, Sánchez T. 1994, Fernández M.1994, Álvarez R.M. 1998).

La profundización del conocimiento de la naturaleza produjo el surgimiento de nuevas ciencias de "transición" (103,21) entre una ciencia principal y la otra, tales como la bioquímica, la biomecánica, la termoquímica, etc. Se evidencia de este modo de manera creciente, y con más intensidad en el estado actual de desarrollo de las ciencias, la dialéctica e interdependencia de las dos tendencias opuestas del desarrollo del conocimiento científico: la aparición de nuevas ramas de la ciencia profundiza la diferenciación de las ciencias, a la vez que crean las condiciones y sirven de base para su mayor integración.

“ Es bien conocido que lo esencialmente nuevo en la ciencia surge cuando se encuentran dos esferas diferentes. Es como si ellas se fecundaran una a la otra, dando origen a algo nuevo...Hay muchos ejemplos, cuando los físicos aplicaron sus métodos a la Biología, nació una nueva disciplina, la genética” (102,187).

El progreso científico y el desarrollo tecnológico, que implican la producción continua e incesante de nuevos conocimientos para satisfacer las exigencias prácticas, rebasan las fronteras de las disciplinas, apareciendo “productos híbridos del conocimiento” (Núñez J.1999a).

Actualmente algunas líneas de las investigaciones científicas que trazan las orientaciones principales del desarrollo científico-técnico se desarrollan en las zonas de “empalme” de varias ciencias (Frolov I. 1987), “en campos de frontera entre las disciplinas clásicas” (129,7), observándose un extraordinario desarrollo de la biotecnología, la informática, las telecomunicaciones, el desarrollo de nuevos materiales y otros (MES 1999c, Núñez J. 1999, Martinov V. 1987).

La unidad de la ciencia se manifiesta en la profundización creciente de las relaciones entre sus distintas ramas, que se revelan al establecer sus posibilidades objetivas para reflejar la realidad.

- *El creciente proceso de integración ciencia-tecnología-producción.*

Los sistemas de medios de investigación se complejizan cada vez más, tanto los esquemas teóricos, los modelos y metodologías, como su soporte tecnológico, del cual depende, en ocasiones, el acceso al objeto, el curso y los resultados de la investigación (Núñez J. 1998). A su vez los avances tecnológicos se basan en los descubrimientos de la ciencia. Se establece una relación dialéctica de interdependencia ciencia-tecnología, en la que las fronteras entre ellas aparecen borrosas, hasta tal punto algunos consideran la existencia de lo que denominan “tecnociencia” (Núñez J. 1999) o “ciencia posmoderna” (Hurd P. 1994).

Un ejemplo de la relación entre ciencia y tecnología es el uso de las computadoras, que contribuyen a extender el poder de observación del ser humano y que posibilitan realizar experimentos que hasta el momento se consideraban imposibles (Hurd P. 1994, Valdés R. y Valdés P. 1999). Otro ejemplo, a la inversa, es el desarrollo de la imagenología médica, basada en el descubrimiento de la resonancia magnética nuclear (Brooks H. 1999).

La actual revolución científico-técnica va secundada por una transformación cardinal y cualitativa de las fuerzas productivas mundiales, cambiando, además de la producción

industrial, “los propios principios de organización y gestión de la producción” (124, 115).

Han cambiado las relaciones entre investigaciones fundamentales e investigaciones aplicadas. La ciencia se orienta cada vez más a la aplicación práctica de sus resultados y a fomentar el desarrollo tecnológico y a la innovación. Esta relación es reflejada por Branscomb L.W. (1999): “Ahora la ciencia no está dissociada con la tecnología. Al contrario, la concepción del producto y su proceso de fabricación se conjugan con la ciencia por medio de la investigación fundamental para conducir a una tecnología constantemente perfeccionada” (20, 20).

Esta relación dialéctica también es reflejada por Lage A. (1999b), cuando analiza la repercusión de la ciencia como fuerza productiva directa: “Lo que está ocurriendo es un desplazamiento del centro de gravedad de los sistemas económicos, de la capacidad comercial a la capacidad productiva, de ahí a la tecnología y de la tecnología a la capacidad de creación de nueva tecnología, es decir, a la investigación científica. El proceso no es absoluto, ni completo, ni homogéneo, pero esa es la tendencia” (111,5).

En las relaciones entre la investigación fundamental y la aplicada “un aspecto del nuevo paradigma lo constituye la tendencia a que la interdisciplinariedad vaya alcanzando un papel de mayor relevancia que la multidisciplinariedad” (127,7).

- *La necesidad de abordar los aspectos morales y axiológicos de la actividad investigadora contemporánea.*

La ciencia se ha convertido en fuerza productiva directa y modifica no solo la producción y los servicios, sino que modifica también el modo de vida (Martinov V.1987, Núñez J. 1999, Valdés R. y Valdés P. 1999).

La decisiva influencia de la ciencia en la vida de las personas ha provocado que se preste mayor atención a su dimensión social, como factor cultural del desarrollo social (Frolov I. 1987, Lage A. 1999b), a sus aspectos éticos y morales. “Los aspectos humanitarios, axiológicos del desarrollo del hombre...forman un elemento inalienable del mundo de la ciencia contemporánea” (68,34).

La actividad científica debe prestar atención no solo al valor de la verdad científica sino también al precio que la humanidad debe pagar por sus resultados. Un ejemplo son los desafíos que para la humanidad significan los avances de las pruebas genéticas (Kirby M. 1998). Por otra parte, la disyuntiva entre descubrimiento para el bien público o como mercancía lleva a la necesidad de medidas que los regulen (Lage

A. 1999a y 1999b, Dickson D. 1999). Estas son razones que requieren la participación junto a la comunidad científica, de una forma u otra, a todos los integrantes de la sociedad (Kutukdjian G. 1998, Lage A.1999a y 1999b).

“El enfoque integral que considera la interacción de las ciencias sociales, naturales y técnicas, así como la estrecha relación que guarda la teoría con la práctica y el hombre, se convierte cada vez más en una de las peculiaridades fundamentales del progreso de la ciencia en las condiciones actuales” (68,33).

- *La necesidad de resolver problemas globales complejos.*

Los problemas complejos y globales que debe resolver la humanidad, requieren de la integración. Cualquiera que sea la naturaleza de estos: la pobreza, las enfermedades emergentes (SIDA) y re-emergentes (cólera), la contaminación, el cambio climático, la droga, la violencia, son problemas que no reconocen fronteras. Por ello requieren respuestas colectivas (Lage A.1999a y 1999b, Mayor M. 1998).

“Si queremos actuar sobre lo real, hemos de adoptar un enfoque transdisciplinario que recurra a todas las competencias, a todas las capacidades” (125,36).

- *La internacionalización de las investigaciones y de la producción.*

La investigación de objetos cada vez más complejos y la necesidad de conocer, analizar y resolver problemas prácticos cada vez más complejos exigen cuantiosos recursos materiales y humanos que requieren de una concentración de los mismos y de un trabajo colectivo, que rebasan las fronteras nacionales. Esto tiene un particular significado para los países subdesarrollados, en franca desventaja competitiva con los países ricos (Lage A. 1999a y 1999b, MES 1999).

La internacionalización de la ciencia para compartir información, conocimientos, recursos humanos y materiales es una característica del futuro, siendo su expresión las redes, los programas y los proyectos para evitar fragmentación y repeticiones (127,15). Este proceso requiere de la integración: “Mientras se vea la cooperación como un proceso de difusión de conocimientos en el que participan individuos, su alcance será limitado. Hay que ver la cooperación como un proceso de integración de conocimientos en el cual participan colectividades” (110,3).

1.3. La interdisciplinariedad en el proceso de enseñanza aprendizaje

Para ser consecuentes con su tiempo, los procesos educativos tienen la responsabilidad de formar individuos competentes, responsables, reflexivos, independientes, creativos y capacitados para aplicar sus conocimientos, conocer sus

limitaciones y superarlas, para responder adecuadamente a una realidad en constante cambio (Perera F. 1998).

Para que los necesarios e impostergables cambios que deben operarse en los procesos educativos, y particularmente en la enseñanza de las ciencias, respondan realmente a las exigencias que el desarrollo socio-cultural contemporáneo les impone, ha de considerarse la interdisciplinariedad como uno de los principios rectores para el diseño y desarrollo de los currículos con el objetivo de formar el individuo que la sociedad actual, y del futuro, requieren (Perera F. 1998, Torres J. 1994, Ander-Egg E. 1994; MES 1999).

En el orden educativo D'Hainaut L. (1980) plantea la necesidad de la interdisciplinariedad cuando explica: "Los inconvenientes cada vez más evidentes de la parcelación del saber, la necesidad cada vez más manifiesta de perspectivas globales y la reacción ante una devoción al objeto, que hace olvidar al hombre, han conducido poco a poco a concebir y a promover lo que se ha llamado la interdisciplinariedad" (52, 211).

Vaideanu G. (1987) señala que la necesidad en la pedagogía contemporánea de nuevas ideas, relacionadas orgánicamente con la interdisciplinariedad, está motivada, ante todo, por "los progresos que gracias a los métodos de carácter pluri o interdisciplinar se han logrado en la investigación científica y en la práctica de los aportes de las ciencias" (187,133), que participan determinantemente en la complejidad e interdependencia del mundo de hoy. Estas nuevas propuestas **"requieren nuevos modos de concebir y/o de organizar el proceso de enseñanza aprendizaje"** (187, 135).

La interdisciplinariedad es una de las cuestiones que preocupan a la educación de hoy en todos los niveles. La necesidad de su introducción en el proceso de enseñanza aprendizaje se refleja, de algún modo, en diferentes estrategias didácticas y en el cuerpo teórico de la Didáctica General y de la Didáctica de las Ciencias (Fernández M. 1994, Gimeno J. y Pérez I. 1992, Ander-Egg E. 1994, Gil D. et al 1996, Marín N. 1997, Alvarez R.M. 1998).

Por su importancia, a partir de 1970 ha ido en aumento el volumen de congresos y reuniones internacionales, publicaciones y textos, con el objetivo de aumentar el nivel de interdisciplinariedad en el proceso de enseñanza aprendizaje.

No es casual que Martínez M. (1999) exponga: "Por ello, el asunto referido a la calidad de la educación se convirtió en un problema tan agudo que a mediados de los

años 70 y en los 80 rebasó los límites del mundo pedagógico y se convirtió en objeto de discusión de otros círculos. Esto está determinado por el carácter de la vida moderna y los grandes cambios operados por la revolución científico y tecnológica que han hecho variar las necesidades sociales, la estructura del empleo y la propia naturaleza humana” (123, 10).

En la esfera educacional la interdisciplinariedad ha sido tratada más como cuestión teórica que llevada a la práctica en el aula. Ha sido declarada en los diseños curriculares y documentos metodológicos como intención, como aspiración, pero no se ha concretado en la práctica pedagógica mediante acciones específicas.

Estimamos importante destacar que, unida a la necesidad de la interdisciplinariedad en el proceso enseñanza aprendizaje, se reconoce la necesidad de pasar de las posiciones declarativas a las acciones prácticas. Existe una distancia entre la declarada interdisciplinariedad de los currículos y su ejercicio durante el desarrollo de los mismos (Álvarez M. 1997, Gimeno J. y Pérez I. 1992, García J. 1998, Perera F. 1996).

En la literatura se presentan muchas discusiones y algunas propuestas teóricas, pero se observa la carencia de ejemplos de interdisciplinariedad en la práctica, que exhiban resultados concretos y sostenibles. A lo sumo se presentan experiencias aisladas, fundamentalmente en la enseñanza primaria y limitadas, por lo general, al tema medioambientalista (Fazenda I. 1994, Torres J. 1994). *No hemos encontrado propuestas interdisciplinarias realizadas en la práctica en el área de la formación profesional y más específicamente en la de formación pedagógica.*

En la escuela media cubana la ausencia de un trabajo interdisciplinar, debido a la insuficiente preparación metodológica de profesores y directivos en este sentido, están en la esencia de algunas de las dificultades que impiden a la escuela avanzar más (Gómez L.I. 1999a).

Por ejemplo, Caballero C.A. (1999) considera que en nuestra escuela secundaria básica no se aprovechan por los docentes las potencialidades que les brinda la interdisciplinariedad, en la enseñanza aprendizaje de la Química, la Biología y la Geografía, “que le permitan al alumno identificar estas ciencias integradas como un arma, para indagar los secretos de la naturaleza y de la sociedad, y a su vez, contribuir a su formación profesional” (26,5).

En la educación superior se declaran programas interdisciplinarios, que en la práctica resultan una suma de disciplinas (Núñez J. 1999b). Por otra parte, el trabajo

interdisciplinario en equipos aparece contemplado, *como objetivo futuro*, en “la propuesta de estrategias para la proyección hacia el futuro de la investigación en las universidades cubanas” (128, 15).

El término “interdisciplinariedad” es usado indiscriminadamente y se vincula usualmente con cualquier reunión de distintos especialistas con el fin de analizar determinado problema, *aunque esta no rebase el mero intercambio*. En general, no existe claridad en cuanto a su significado o alcance, lo que atenta contra la posibilidad misma de lograr algún nivel de interdisciplinariedad en el proceso.

Puede constatarse que en el ámbito escolar se califica así lo mismo a un encuentro casi fortuito o informal entre dos docentes para aplicar los conocimientos de una asignatura en otra, que a determinada actividad puntual con cierto nivel de relación entre disciplinas (Perera F.1996). “... los intentos por integrar el aprendizaje en torno de temas o problemas más amplios representa, a lo sumo, un trabajo hecho con retazos del contenido existente: combinar las materias en vez de integrar las ideas constituye la regla antes que la excepción” (182, 536).

En la literatura sobre el tema existe consenso en que es imposible dar una definición de interdisciplinariedad. Como apunta Ferreira M.A. (1994), quien trate de conceptualizarla está limitando su alcance, niega su propia práctica. A su vez, existe también consenso en destacarla *como una forma de pensar y de proceder para conocer y resolver cualquier problema de la realidad y que requiere de la convicción y de la cooperación entre las personas*.

Un elemento importante que es preciso conocer en torno al problema de la interdisciplinariedad, es el que tiene que ver con los criterios que se asumen en la literatura en torno a los niveles diversos de relaciones interdisciplinarias entre los objetos, que en ocasiones son empleados indistintamente o se homologan al referenciarlos. Estos criterios han dado lugar a distintas clasificaciones de la interdisciplinariedad, algunas de las cuales, en su esencia, difieren poco entre sí o son equivalentes. De ellas tomaremos algunas de las que consideramos más representativas y de interés. Puede apreciarse, en algunas ocasiones, que los autores hacen una ruptura lógica, cuando dentro de los niveles de interdisciplinariedad, denominan así a uno de ellos.

Para Michaud G. (citado por Torres J. 1994), la interdisciplinariedad es la integración de métodos y conceptos de distintas disciplinas. Establece cuatro niveles de interdisciplinariedad:

- 1- Multidisciplinariedad. Un conjunto de disciplinas que se ofrecen simultáneamente, sin explicitarse las posibles relaciones entre ellas.
- 2- Pluridisciplinariedad. Yuxtaposición de varias disciplinas normalmente al mismo nivel jerárquico. Esta agrupación mejora las relaciones entre ellas. Es más bien una práctica educativa.
- 3- Interdisciplinariedad. Interacción entre dos o más disciplinas. Esta interacción puede ir desde la simple comunicación de ideas hasta la integración mutua de conceptos, metodologías, la organización de investigaciones y la enseñanza en un campo más bien grande.
- 4- Transdisciplinariedad. Coordinación de todas las disciplinas en el sistema de educación / innovación sobre la base de una axiomática generalizada y la aparición de su modelo epistemológico. Ej. La Antropología, considerada como “la ciencia del hombre y sus logros”.

Piaget J., (citado por Torres J. 1994 y Ander-Egg E. 1994), critica las enseñanzas fragmentadas que apuntan a una especialización que prepara mal a los futuros investigadores. La enseñanza interdisciplinar debe favorecer las colaboraciones e investigaciones interdisciplinarias.

Para Piaget existen los siguientes niveles de colaboración e integración:

- 1- Multidisciplinariedad. Nivel inferior de integración. La interacción no modifica las disciplinas ni las enriquece. Solo hay intercambios de informaciones. Corresponde a la primera etapa de una investigación y no implica que se pase a otros modos de cooperación.
- 2- Interdisciplinariedad. Hay cooperación entre varias disciplinas e interacciones que provocan enriquecimientos mutuos.
- 3- Transdisciplinariedad. Etapa superior de integración. Construcción de un sistema ideal que no tuviera fronteras sólidas entre las disciplinas.

Según Piaget las investigaciones interdisciplinarias deben provocar re combinaciones constructivas que superan las limitaciones que impiden el avance científico. Como resultado de ellas surgen nuevos ámbitos del saber como la Bioquímica, la Biofísica, la Biotecnología, la Química-Física y las Ciencias de la Educación, entre otras.

La clasificación quizás más conocida y divulgada es la de la UNESCO presentada durante el simposio de Bucarest en 1983 por Michaud G. (citado por Gómez G. 1976 y por Torres J. 1994):

- 1- Multidisciplinariedad. El nivel más bajo de coordinación. La comunicación entre las disciplinas es casi nula. Grupo de materias ofrecidas con el objetivo de mostrar algunos de sus elementos comunes pero sin explicitar sus relaciones.
- 2- Pluridisciplinariedad. (codisciplinariedad para algunos autores). Forma de cooperación entre disciplinas cercanas. Un intercambio de comunicaciones, de acumulación de conocimientos, producido a un mismo nivel jerárquico. No hay modificación interior de las disciplinas producto de esta relación. Se produce una unificación del conocimiento de distintas disciplinas, pero manteniendo lo específico de cada una de ellas. En el proceso enseñanza aprendizaje favorece las transferencias de contenidos y procedimientos de los alumnos, al poseer un marco conceptual más amplio. Les permite acercarse más a la realidad cotidiana.
- 3- Disciplinariedad cruzada. Relaciones basadas en posiciones de fuerza. Una disciplina se impone, domina a las otras. La axiomática de una de las disciplinas se impone a las demás. Se evidencia en el reduccionismo de algunas especialidades que pretenden explicar fenómenos sociales o naturales desde sus posiciones. Considero como un ejemplo en nuestro medio la pretensión de reducir el proceso educativo al campo de la psicología, disputándoselo a la pedagogía.
- 4- Interdisciplinariedad. Se establece una interacción e intercambio entre las distintas disciplinas que provoca un enriquecimiento mutuo, modificación en sus marcos conceptuales, metodologías de investigación, etc. Las relaciones son de equilibrio.
- 5- Transdisciplinariedad. Nivel superior de interdisciplinariedad. Concibe una relación entre disciplinas tal que las supera. Surge una macrodisciplina. Esta perspectiva está presente en los marcos teóricos de la teoría de sistemas, del estructuralismo y del marxismo. Este nivel es denominado también "metadisciplinariedad", "supradisciplinariedad", "transespecialidad", "omnidisciplinariedad" y otros. Bajo esta concepción subyace el ideal de la posibilidad y necesidad de la unificación de la ciencia.

Por su parte, D'Hainaut L. (1980) plantea tres perspectivas de la enseñanza:

1. Intradisciplinaria. Si se enseñan los distintos principios y conceptos dentro de una disciplina.
2. Interdisciplinar. Si los principios se enseñan, recalando las múltiples aplicaciones y facetas de cada principio a través de las disciplinas en que son aplicables.
3. Pluridisciplinaria o temática. Escoger situaciones que conjugan principios y conceptos determinados por la situación. Es sinónimo, a nuestro entender, de los que otros autores denominan "globalización" o "enfoque globalizador" (Torres J.1994).

Define la perspectiva interdisciplinar como una forma de “organizar la enseñanza de manera que proporcione a los estudiantes la ocasión de familiarizarse con principios generales u orientados en contextos tan variados como sea posible” (52,216). Prefiere llamar a todo lo que no se enmarque en lo disciplinar “perspectivas no disciplinarias” para no utilizar indiscriminadamente el concepto de interdisciplinariedad. Estimamos que observar esta posición evitaría las confusiones que, en definitiva, llevan a asumir falsas posiciones de interdisciplinariedad.

Consideramos de gran importancia su reflexión sobre el riesgo de sobredimensionar esta perspectiva que deriva en una generalización abusiva y al desdén hacia las disciplinas, lo que puede conducir a la adquisición de conocimientos teóricos o prácticos deshilvanados o distorsionados. En consecuencia, es necesario considerar la disciplina, no como un camino impuesto, sino como un marco organizador de saberes recibidos adecuadamente y su relación dialéctica con la interdisciplinariedad.

Concordamos con D’Hainaut en que es responsabilidad del profesor un proceder metodológico adecuado para evitar los peligros que acarrea la interdisciplinariedad si esta se asume como la tendencia excesiva a la generalización y a un verbalismo que disimule conocimientos insuficientes, cuando se presentan y exigen mecánicamente conocimientos de síntesis.

D’Hainaut, al igual que Fernández M. (1994), plantea como solución probablemente más realista y eficaz la combinación de la perspectiva interdisciplinar con la enseñanza por materias, considerando el desarrollo científico-técnico, los factores sociales y las edades de los alumnos. De hecho, esta es la solución que hemos seguido, dadas las condiciones del enfoque disciplinar de nuestros currículos.

Coincidimos con el mencionado autor cuando afirma:

“La óptica interdisciplinar, al hacer hincapié en los conceptos y los principios que tienen un campo vasto y variado de aplicación, es un enfoque económico desde el punto de vista de la relación entre la cantidad de adquisiciones y la cantidad de aprendizajes. Además, al facilitar la transferencia, construye un potencial y contribuye también a aumentar esa relación de manera importante” (52, 217).

Reserva el término transdisciplinariedad para los enfoques curriculares centrados en las acciones u operaciones del estudiante, o sea, cuando los principios organizadores no son las materias, sino las operaciones intelectuales, afectivas o psicomotrices de los estudiantes.

Fernández M. (1994) considera la interdisciplinariedad como principio importante de todo diseño curricular por ser una condición fundamental de toda comprensión intelectual mínimamente profunda. A la vez la valora como un método didáctico que al ser asumido por el maestro es transferido y puede llegar a ser un método de trabajo del alumno.

Para él la interdisciplinariedad tiene dos objetivos educativos:

- “1. Que los intelectuales y profesionales del mañana sirvan para algo real en el mundo que viene.
2. Que los individuos adquieran los hábitos de análisis y síntesis que les permitan orientarse en la realidad en que viven “ (64, 646).

Este mismo autor considera que durante el proceso de enseñanza aprendizaje ha de estar presente un equilibrio sistemático entre espacios de análisis disciplinar y momentos de síntesis interdisciplinares, tanto teóricas como prácticas. En esto coincide con las posiciones de D'Hainaut en torno a la combinación de la interdisciplinariedad con la enseñanza por disciplinas.

Sus posiciones teóricas sobre la interdisciplinariedad, avaladas por una vasta experiencia pedagógica, expresan una importante valoración sobre la misma.

Según Fernández, “ La interdisciplinariedad como objetivo curricular es, además, una manera de pensar, un hábito de aproximación a la construcción de cualquier tipo de conocimiento, lo cual implica que ha de ser en la escuela una invariante de la metodología. (No solo ya una especie de diseño de contenidos ‘mezclados’ “ (64, 647).

Para Ander-Egg E. la interdisciplinariedad “Es una forma de preocupación por tender hacia la unidad del saber, habida cuenta de la realidad como totalidad. Las razones y la necesidad de un abordaje interdisciplinar...surgen del mismo hecho de asumir la complejidad de lo real” (11,27).

Construir la interdisciplinariedad, para este autor, supone también una actitud intelectual, en cuanto modo de abordaje de la realidad, ya que cualquier forma de abordar la realidad con el propósito de conocerla y actuar sobre ella, no “facilita o permite un tratamiento interdisciplinar” (11,62).

Para Ander-Egg, abordar la interdisciplinariedad en el ámbito educativo significa considerar cualquier intervención que se realice “como un aspecto de la totalidad o de las totalidades de las que forma parte” (11,63). Estimamos que esta precisión es clave para entender el carácter sistémico de la interdisciplinariedad, en tanto que

fundamento para la elaboración de una estrategia de enseñanza aprendizaje, partiendo de entender el carácter de sistema complejo de este proceso.

A la luz de este planteamiento es que consideramos que la interdisciplinariedad no puede ser resultado de la actividad espontánea, aislada y ocasional, sino una de las bases de una concepción pedagógica centrada en el sujeto, meditada, instrumentada y ejecutada por el colectivo pedagógico. La intervención del colectivo no debe limitarse a la relación entre los conocimientos, sino abarcar toda la labor educativa, basada en la propia actuación profesional, la motivación y el ejemplo de los profesores.

Al analizar las distintas posiciones teóricas, apreciamos que al clasificar los distintos niveles de vinculación entre las disciplinas hay coincidencia en señalar la multidisciplinariedad como el nivel más bajo de relación y la transdisciplinariedad como el superior, situándose equidistantemente entre estos dos polos la interdisciplinariedad. Consideramos que las diferencias de criterios aparecen al ubicar o identificar otros niveles que, en nuestra opinión, son como transiciones entre los tres niveles básicos o fundamentales.

El examen de la interdisciplinariedad desde el punto de vista de las relaciones entre los conocimientos de varias disciplinas constituye un error ampliamente difundido.

En nuestro contexto educativo Fiallo J. (1996) acertadamente insiste en el importante hecho de que la relación interdisciplinar abarca no sólo los nexos que se pueden establecer entre los sistemas de conocimientos de una asignatura y otra, sino también aquellos vínculos que se pueden crear entre los modos de actuación, formas del pensar, cualidades, valores y puntos de vista que potencian las diferentes asignaturas.

Entendemos por interdisciplinariedad la interacción entre dos o más disciplinas, producto de la cual las mismas enriquecen mutuamente sus marcos conceptuales, sus procedimientos, sus metodologías de enseñanza y de investigación.

Somos partícipes del criterio de distinguir interdisciplinariedad de otras interrelaciones o entrecruzamientos de distintas disciplinas o áreas del saber, como lo hacen D'Hainaut L. (1989) Fernández M. (1994), o como analiza Núñez J. (1998b) al diferenciar entre "integración horizontal de las ciencias", que se refiere a los distintos niveles de interpenetración o interrelación de áreas de saber cuyas barreras tienden a disolverse, e interdisciplinariedad, como caso particular y máxima expresión de esta integración.

La interdisciplinariedad no niega las disciplinas, sino que se relaciona dialécticamente con ellas. Los planteamientos interdisciplinarios surgen y se desarrollan apoyándose en las disciplinas. La interdisciplinariedad será más rica cuanto más se enriquezcan las disciplinas y éstas a su vez, se enriquecen a través del contacto interdisciplinario entre ellas.

En este sentido también resulta esclarecedor el criterio de Lück H. (1994), quien considera que la interdisciplinariedad “es un proceso que integra a los educadores en un trabajo conjunto, de interacción entre las disciplinas del currículo entre sí y con la realidad, para superar la fragmentación de la enseñanza, objetivando la formación integral de los alumnos, a fin de que puedan ejercer críticamente la ciudadanía, mediante una visión global del mundo y ser capaces de enfrentar los problemas complejos, amplios y globales de la realidad actual” (115, 64).

Al analizar todas las posiciones acerca de la interdisciplinariedad, puede concluirse que la esencia de esta radica en la actividad de las personas que la llevan a cabo, que se caracteriza por la cooperación orgánica y la flexibilidad entre los miembros del equipo; la comunicación y la desaparición de barreras; el enriquecimiento mutuo de saberes; la exaltación de valores como la solidaridad, la honestidad, la laboriosidad, la tenacidad, el respeto y confianza mutuos. Todo ello con el fin de avanzar en la búsqueda de nuevos campos de la investigación y del saber, desencadenar la creatividad, ampliar el cuadro científico del mundo, profundizar en los problemas de la realidad, encararlos y resolverlos.

Para instrumentar la interdisciplinariedad se requiere, ante todo, según nuestro criterio:

- de una convicción y una disposición para efectuar cambios
- que las personas dominen su disciplina y tengan un conocimiento de los fundamentos básicos de aquellas con las que debe relacionarse en el proceso
- dominar el contexto en que se actúa
- trabajen en colectivo para propiciar el intercambio con vistas a la determinación de áreas comunes y coordinen acciones, con un lenguaje común, en un clima de cooperación y flexibilidad
- es necesaria una evaluación continua del proceso para su perfeccionamiento y actualización.

Existe un criterio unánime sobre las enormes dificultades, objetivas y subjetivas, que afronta la interdisciplinariedad para su implementación, tales como: la formación disciplinar de los sujetos, la poca disposición y preparación para producir cambios y

para desarrollar acciones interdisciplinarias, barreras administrativas y estructurales de las instituciones.

Al respecto, Taba H. (1974) asevera: “La unificación de las materias ha constituido un problema educacional desde la época de los herbartianos... Al mismo tiempo, nos hallamos muy lejos de haberla logrado, en parte, debido al temor de perder el aprendizaje disciplinado al prescindir del estudio de las materias especializadas, y en parte, porque aún no se han encontrado bases efectivas para la unificación de las materias escolares” (182,392).

En su análisis Taba coincide, en general, con otros autores cuando explica el fracaso de los intentos para relacionar las materias enseñadas simultáneamente. Las razones pueden resumirse en los aspectos siguientes:

- en la práctica los intentos tienden a ser reducidos a poco más que métodos administrativos
- a menudo las personas encargadas de llevarlos a cabo no dominan las respectivas disciplinas y no pueden captar su esencia,
- suponer que los maestros a cargo de las materias que se deben unir puedan lograr algún tipo de relación,
- escasez de profesores competentes para enseñar de acuerdo con las nuevas exigencias,
- falta de guías y materiales apropiados,
- el poco éxito de los esfuerzos debido a la escasa atención prestada a las estructuras en torno a las cuales lograr la integración,
- aunar materias sin efectuar cambios de organización apropiados para estas, generalmente ha dado como resultado que una metería se convierta en “la criada” de la otra.

Para los profesores resulta imprescindible entender la esencia de la interdisciplinariedad si desean el éxito de su labor pedagógica. La interdisciplinariedad no es, como ya hemos apuntado, la relación epidérmica entre una disciplina y las restantes, que se manifiesta al exponer en la clase o solicitar de los estudiantes una serie de ejemplos de aplicación a la vida o concebirla a través de actividades quizás impactantes, pero puntuales e inconexas, asistémicas. Es mucho más que eso. En nuestro criterio, los rasgos esenciales de la interdisciplinariedad se expresan en las siguientes ideas:

- La interdisciplinariedad se pone en acción a la hora de enfrentarse y resolver los problemas de la realidad y ***requiere de la convicción y del espíritu de colaboración entre las personas.***
- La interdisciplinariedad es una manera de analizar y conocer ***los aspectos de la realidad que un enfoque disciplinar nos ocultaría***, y de actuar sobre ella.
- No es solo una cuestión teórica, ***es ante todo una práctica y se perfecciona con ella***. Es necesaria para la investigación y la enseñanza y para la creación de modelos más explicativos de la compleja realidad.
- La interdisciplinariedad sirve como estrategia para una ***mayor fluidez entre el trabajo teórico y el práctico.***
- ***No es una receta***, ni es una directiva. ***Es un proceso***, puesto que se fomenta y perfecciona paulatinamente, durante la propia actividad práctica.

La interdisciplinariedad facilita el aprendizaje de los estudiantes, quienes reciben los conocimientos debidamente articulados, a la vez que revela el nexo entre los distintos fenómenos y procesos de la realidad que son objeto de estudio, superando la fragmentación del saber. Los capacita para hacer transferencias de contenidos y aplicarlos en la solución de problemas nuevos. Implica formar en los estudiantes valores y actitudes y una visión del mundo globalizadora.

La interdisciplinariedad no debe considerarse una “varita mágica” que resolverá todos los problemas de la formación integral del individuo, que es multifactorial. Debe valorarse como una necesidad para estructurar el complejo sistema de influencias encaminado a lograr ese objetivo.

El análisis de los referentes bibliográficos consultados y la experiencia en la aplicación de la interdisciplinariedad en nuestra práctica pedagógica permiten destacar las principales ventajas que exhibe el proceso de enseñanza aprendizaje basado en la interdisciplinariedad:

- El trabajo interdisciplinar contribuye a la formación de un verdadero colectivo pedagógico, a su consolidación en el trabajo, ya sea en el ámbito de departamento, claustro o institución escolar.
- Permite a los estudiantes situar los problemas y extender los vínculos que unen fenómenos aparentemente inconexos, adquiriendo visiones más generales de la realidad.

- Facilita la transferencia de los conocimientos y de los métodos adquiridos, a otros marcos disciplinares más tradicionales.
- Los estudiantes pueden aplicar los conocimientos, métodos y procedimientos aprendidos para detectar, analizar y resolver problemas nuevos.
- Aumenta la motivación de los estudiantes porque les es posible abordar distintos temas que sean de su interés.
- Es un enfoque económico desde el punto de vista de la relación entre la cantidad de adquisiciones y la cantidad de aprendizajes y potencia la eficiencia de esta relación.
- Contribuye a la formación de hábitos de búsqueda de nuevos saberes, a la independencia y a la creatividad.
- El empleo de métodos que impliquen el desarrollo de lo interdisciplinar coloca a los estudiantes en posición activa ante la adquisición del conocimiento, contribuyendo a crear hábitos de trabajo en colectivo.
- Contribuye a la formación ideológica y de valores (ciudadanos críticos, reflexivos, responsables, solidarios, patriotas)

En las corrientes renovadoras actuales de la enseñanza aprendizaje de las ciencias la interdisciplinariedad está presente implícita o explícitamente como uno de los pilares en los que se sustentan los cambios.

Una de las tendencias ha sido la enseñanza integrada de las ciencias (UNESCO 1979), que tiene entre sus objetivos fundamentales que los estudiantes adquieran el concepto de la unidad fundamental de la ciencia, que aprendan a enfocar colectivamente los problemas de naturaleza científica y comprendan el papel de la ciencia en su vida diaria y en el mundo en que viven.

Se distinguen los proyectos de ciencias experimentales (Caamaño 1994) que poseen distintas orientación y estructura según sus enfoques, basados en: los conceptos científicos; los procedimientos de las ciencias, los conceptos o procedimientos comunes a las diferentes disciplinas científicas (ciencia integrada), interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad (enfoque CTS).

Dentro de las nuevas tendencias también se encuentra la de aprendizaje como investigación dirigida (Gil D. 1996, Gil D. y Valdés P. 1996, Pozo J.I. 1997, Valdés P. y otros, 1998). En todos los trabajos relacionados se subraya, explícita o implícitamente, entre otras cuestiones básicas, la necesidad de formar en los estudiantes un modo interdisciplinar de analizar, de actuar y de resolver los problemas objeto de su

actividad. No atender esta cuestión puede llevar a los alumnos la idea que se pretende superar de una ciencia fragmentada, formada por partes inconexas entre sí. Esta concepción forma parte aún del pensamiento “de sentido común” de muchos profesores de ciencias y constituye un peligro latente.

En la Enseñanza Superior, aunque la estructuración de los currículos asume un camino disciplinar, se intentan dar pasos para el establecimiento de vínculos que aún están lejos de considerarse interdisciplinarios, en lo que respecta al plano metodológico y práctico del currículo (Núñez J. 1999a). Por lo que se precisa pasar de la multidisciplinariedad a la interdisciplinariedad, como necesidad del desarrollo de nuestras universidades (MES, 1999a, 1999b, 1999c).

Los marcos disciplinares rígidos que imperan entre el profesorado son uno de los escollos que entorpecen la interdisciplinariedad del proceso enseñanza aprendizaje. “Enseño como me enseñaron” es una frase que oculta en ocasiones una resistencia al cambio de las concepciones metodológicas y es, por lo general, señal de una deficiente formación profesional, basada en un modelo educativo “tradicional” que reproducen en el aula (currículo oculto).

La introducción de la interdisciplinariedad implica una transformación profunda en los métodos de enseñanza y requiere de un cambio de actitud y de las relaciones entre los docentes y entre estos y los estudiantes.

Se requiere de un profesor que tenga pensamiento interdisciplinar como premisa para que pueda transmitir esta forma de pensar y proceder a todos sus alumnos.

Esta cuestión no resulta ajena a los centros formadores de docentes, cuyas concepciones y modos de trabajo están permeados, en general, por este enfoque y de hecho influye decisivamente en las formas de accionar que se emplean en la escuela, obviamente dado por el hecho de que el maestro es un producto de la propia práctica de dichos centros.

1.4. Interdisciplinariedad y formación profesional.

Prácticamente ninguna actividad humana en la actualidad es posible sin la participación de equipos de especialistas de diferentes ramas del saber *preparados para trabajar interdisciplinariamente*, lo que implica no solo poseer sólidos conocimientos de su esfera de desempeño, sino también acerca de la posición de esta en relación con las demás, estar poseído por un espíritu de entendimiento y de cooperación con el resto del colectivo, ser creativo y de pensamiento flexible y tener

plena conciencia del impacto que puede tener el resultado de su actividad en la naturaleza y en la sociedad, entre otras características. **Mas, un modo interdisciplinar para acometer cualquier actividad y culminarla exitosamente, para conocer y analizar la realidad, es fruto de una formación basada en un enfoque interdisciplinar.**

La interdisciplinariedad es reconocida como una de las tendencias internacionales de la creación científica y tecnológica en las universidades (MES 1999c).

A las universidades se les impone el reto de preparar profesionales de alta capacitación, innovadores, competentes, creativos, capaces de resolver eficazmente los nuevos problemas que ante ellos surgen. Esto implica un cambio de sus estructuras, de sus concepciones educativas, en las estructuras de los currículos y el desarrollo de estrategias pedagógicas que respondan a las nuevas realidades. Estos cambios exigen un acercamiento a la enseñanza interdisciplinar. “La conciliación de los componentes teórico-cognoscitivo y práctico-profesional en el ámbito de la pedagogía universitaria apunta al fomento de la interdisciplinariedad, la multidisciplinariedad y de la transdisciplinariedad profesional” (127, 11).

La interdisciplinariedad es necesaria para la formación profesional, entre otras razones, porque la actividad profesional en el mundo actual involucra la participación de un equipo de especialistas, incluso de distintas naciones, que se desenvuelvan en un clima de respeto mutuo, de igualdad y flexibilidad como premisas para la solución conjunta de los problemas y el desarrollo de las tareas investigativas.

La incorporación de las investigaciones a las universidades es una de sus tareas estratégicas, que en el caso de las de los países subdesarrollados está vinculada con sus propias posibilidades de sobrevivencia (Núñez J. 1998, Lage A. 1999a, MES 1999b, MES 1999c). Esta tarea requiere también de la interdisciplinariedad. “La interdisciplinariedad nos enseña que no puede haber discontinuidad entre la educación y la investigación, pues al poner constantemente en tela de juicio el conocimiento adquirido y los métodos prácticos, transforma a la Universidad” (170, 53).

El vínculo investigación-formación como una de las actuales tendencias de la educación superior y como una de las vías para promover la investigación en las universidades latinoamericanas, plantea como uno de los factores principales el paso de la multidisciplinariedad a la interdisciplinariedad: “La etapa del trabajo multidisciplinario, aunque no vencida aún, debe ir dando un nuevo salto hacia el interdisciplinario, donde los científicos que se reúnen en el equipo no ven el problema

sólo desde el prisma estrecho de la ciencia que representan, sino que se crea una fusión de intereses y conocimientos, que dan una solución más acabada, aquí las ciencias sociales y las técnicas y naturales pueden y deben actuar más de conjunto” (129,7).

A pesar de la evidente necesidad de un cambio en las universidades contemporáneas, este proceso marcha lentamente y preñado de múltiples dificultades objetivas y subjetivas. Ya en el Seminario Internacional sobre la Interdisciplinariedad en las Universidades realizado en Niza, Francia en 1970 se hicieron dos consideraciones principales:

1. La enseñanza e investigación interdisciplinares constituyen los puntos claves de innovación en las universidades.
2. La introducción de esta innovación se encuentra con enormes dificultades, incluso en las nuevas universidades.

Entre las dificultades básicas que se analizaron se encuentran:

- la carencia en los arribantes a la educación superior de una formación interdisciplinar
- la resistencia de los docentes al cambio curricular (Gómez G. 1976).

En publicaciones más recientes sobre la situación de las universidades latinoamericanas ante el proceso de globalización (Ornelas C. 1995, Rodríguez J.L. 1995) se analiza lo pernicioso de estas dificultades para lograr el cambio necesario. El diagnóstico realizado en el Instituto Superior Pedagógico “Enrique José Varona” en los cursos 1995-96 y 1996-97 muestra también la carencia de formación interdisciplinar en los estudiantes (50, 25), constatadas también, de manera más puntual, en los resultados de esta tesis.

Coincidimos con los autores de estos y otros trabajos que la causa de esta situación es multifactorial, pero se evidencia **el decisivo papel de los profesores encargados de llevar a cabo todos estos cambios, para lo que deben desplegar las cualidades que se exigen al nuevo profesional y demostrar ser capaces de formarlas a su vez en los estudiantes, mediante el ejemplo de su actuación profesional.**

En nuestro contexto, para los centros formadores de profesores, el problema tiene una mayor connotación, porque estos tienen incidencia directa sobre las dos dificultades principales que se analizan, relacionadas con la necesidad impostergable de una

formación científica e interdisciplinar de todos los ciudadanos. De ahí es nuestro criterio, que estos centros:

- Deben insertarse en los cambios que la sociedad exige, de acuerdo a las últimas tendencias de desarrollo de las universidades y de la estrategia para el cambio trazadas para la educación superior cubana (MES, 1999).
- Deben formar el nuevo profesional de la docencia, cuyo desempeño futuro resulta básico en el logro de un sistema educativo que responda a los nuevos retos de la contemporaneidad.
- Deben orientarse hacia la solución teórica y práctica de los problemas que la escuela enfrenta en este momento histórico, ante los desafíos a los que estamos sometidos como país (Gómez L.I. 1999a, 1999b).

Sin embargo, al abordar la realidad para conocer lo que ocurre, surge una serie de interrogantes, cuyas respuestas, en parte, han sido dadas de antemano en el análisis de esta tesis:

- ¿Responde el diseño y desarrollo de nuestros currículos a estas necesidades?
- ¿ Existe en todos los docentes una idea clara, concientizada y amplia, de la interdisciplinariedad y de su importancia?
- ¿ Hasta qué punto es considerada y está presente en su actividad pedagógica diaria y hasta qué punto está presente solamente en el discurso?
- ¿ Se refleja la relación interdisciplinar de las ciencias durante su enseñanza?

1.4.1. La necesidad de una formación interdisciplinar de los profesores

El importante papel de los profesores en la necesidad estratégica del cambio curricular en la escuela pone en primer plano la cuestión de la formación profesional de los mismos.

El enfoque interdisciplinar del proceso de enseñanza aprendizaje requiere de una transformación profunda:

- en las concepciones metodológicas de los maestros, profesores y directivos, que se manifiesten en la práctica contra métodos que favorecen más la transmisión de un saber codificado que la aptitud y actitud para el descubrimiento y para la creación de un conocimiento en progreso continuo,
- en las actitudes y relaciones entre los sujetos que intervienen en el proceso.

Lo que implica la formación de un nuevo tipo de profesor que, entre otras cualidades:

- asuma actitudes y comportamientos congruentes, nuevos, como para permitir que estos los susciten en otros,
- no incremente la cantidad de información de los estudiantes, sino que favorezca la integración de los conocimientos,
- suministre marcos de pensamientos interdisciplinarios, que permitan a los estudiantes situar los problemas y extender los vínculos que unen fenómenos aparentemente inconexos (Gómez G. 1976).

La deficiente preparación interdisciplinar de los profesores de ciencias en iberoamérica es uno de los resultados del Diagnóstico sobre la Formación Inicial y Permanente del Profesorado de Ciencias y Matemática (Nivel Medio) en los Países Iberoamericanos. En él se concluye que “se revela una estructuración de la formación del profesorado como un modelo sumativo de saberes específicos (de la materia a enseñar) y conocimientos generales sobre psicología y pedagogía, pensando quizás que la integración entre ambos se va a producir de manera espontánea” (29, 15). En este sentido se analiza el papel integrador que pueden jugar las didácticas específicas en la fundamentación teórica de la formación docente (Carrascosa J. 1994).

Somos del criterio que además de considerar a las didácticas específicas de las asignaturas de la especialidad, debe contemplarse también explícitamente, en nuestras condiciones particulares, el carácter integrador que deben tener todas las disciplinas y asignaturas, puesto que en el diseño y en el desarrollo de todas ellas debe estar presente el enfoque profesional (González V. 1994). A su vez, debieran establecerse claramente los vínculos entre estas disciplinas y asignaturas con las didácticas específicas, que tendrían el papel rector de esta integración.

El enfoque profesional de las asignaturas, basado en una perspectiva personológica, significa que los conocimientos que se imparten en estas y las habilidades y los valores que contribuyen a desarrollar, deben estar en función del futuro desempeño profesional de los estudiantes. A nuestro juicio esta vinculación recíproca, por lo general no ocurre, producto de la falta de un enfoque interdisciplinar de los currículos, que lastra los resultados de la formación profesional de los docentes.

En los lineamientos de trabajo para la orientación profesional pedagógica en los primeros años de las carreras de la Licenciatura en Educación (MINED 1990) se señala:

- Lograr que el estudiante adquiriera el nivel de información necesaria acerca de la profesión seleccionada.

- Lograr un vínculo afectivo positivo con la profesión seleccionada.
- Iniciar la formación de habilidades a través de la vinculación progresiva del estudiante a la práctica profesional.

*La adecuada instrumentación y cumplimiento de estas directrices dependen, a nuestro juicio, de las concepciones y conocimientos que se posean sobre el lugar de las disciplinas y de las asignaturas y de su interrelación con las restantes en el sistema de la formación profesional. **En otras palabras, depende de si se tiene o no una clara idea de la esencia interdisciplinar de la formación profesional de los estudiantes** (Perera F. 1996, 1998).*

Basándonos en nuestra experiencia en el trabajo docente, creemos que si bien en el diseño de las disciplinas y asignaturas de los primeros años se reflejan estos lineamientos, en algunos casos durante su desarrollo se han manifestado tendencias negativas, debidas a una visión puramente disciplinar, fragmentada, de la formación profesional. Entre estas tendencias se encuentran:

- Asumir que el peso del trabajo de orientación profesional debe recaer sobre la disciplina Formación Pedagógica General o de las Metodologías particulares.
- Considerar que el momento para realizar este trabajo es el de la práctica laboral, no considerando el carácter de sistema de la orientación.
- Vincular los aspectos académico- laboral e investigativo laboral, obviando en parte la integración adecuada de lo motivacional y lo intelectual en la formación profesional.
- Considerar que el estudiante se involucra espontáneamente en el desarrollo de sus intereses profesionales.

Estos criterios son reafirmados por Del Pino J.L. (1998), quien ha estudiado profundamente esta problemática. En su estudio, este autor aborda las dificultades en el trabajo de orientación profesional existentes y sus negativas consecuencias, sobre todo en el primer año de las carreras y particularmente en las de formación de profesores. También de una forma fundamentada hace hincapié en el carácter eminentemente interdisciplinar de la profesión pedagógica, por lo que la preparación del profesor debe ser interdisciplinar.

Este problema es tratado también por Álvarez M. (1999a, 1999b), que analiza las dificultades que existen para instrumentar métodos de trabajo interdisciplinar en los departamentos docentes de nuestras escuelas. Entre sus causas, coincide en señalar

las deficiencias que presenta la formación interdisciplinar de los profesores desde los primeros años de la carrera.

El enfoque profesional del proceso docente educativo se logra sobre la base de la integración de los componentes académico, investigativo y laboral. Los nexos que se establezcan entre las disciplinas no pueden quedar solamente en el plano del componente académico.

Los componentes laboral e investigativo constituyen fuentes para la interdisciplinariedad en sí mismos, ya que atraviesan a todo el currículo y no pertenecen a una u otra disciplina. Debe precisarse cómo cada una de estas debe tributar a dichos componentes, en función de los objetivos del año, con vistas a una adecuada educación profesional de la personalidad de los estudiantes que los prepare para un desempeño profesional estable y creador.

El enfoque profesional de cada disciplina lleva implícita, en su esencia, la necesidad de su enfoque interdisciplinar. La acción encaminada a lograr una formación profesional integral del estudiante no es inherente a una o dos disciplinas o asignaturas, sino que requiere de la interdisciplinariedad. Estimamos erróneo, por tanto, considerar el enfoque profesional y la interdisciplinariedad como dos aspectos diferentes de la formación profesional.

Considerar que la formación profesional presupone tácitamente una formación interdisciplinar se ha convertido con el tiempo en una idea “de sentido común”. Esto significa que asumir acríticamente esta idea, en vez de favorecer la atención a la formación interdisciplinar de los futuros profesionales, la ha anulado. Además, ha impedido avizorar los peligros que entraña la formación profesional disciplinar, fragmentaria, que se ha venido practicando.

Una formación profesional disciplinar y fragmentaria, tal como sucede en la actualidad, no puede proporcionar al estudiante una formación interdisciplinar. La interdisciplinariedad, insistimos, no es cuestión teórica, hay que instrumentarla y practicarla en el sistema de influencias que reciben los estudiantes y formarla en estos, ante todo, mediante nuestro propio proceder profesional.

Por lo que hasta aquí se ha analizado y por la inobjetable exigencia, dictada por nuestro tiempo, de asumir explícitamente la interdisciplinariedad como práctica en la formación profesional, consideramos que es necesaria la existencia de lo que

denominamos principio *interdisciplinar-profesional*, para el diseño y desarrollo del proceso de enseñanza aprendizaje.

Esta denominación no significa una dicotomía, la que precisamente rechazamos, sino que tiene el objetivo de reforzar, precisamente, el carácter interdisciplinar que, en su esencia, debe tener la formación de los futuros profesionales.

Este principio se justifica y deriva de todos los referentes que en el plano teórico y metodológico hemos estado planteando, pero encuentra su fundamento en la realidad objetiva, en la vida misma. En la tendencia hacia la integración, que caracteriza a la etapa actual del desarrollo de la humanidad.

La interdisciplinariedad en la estructuración de cualquier proceso de enseñanza aprendizaje dinamiza, en el marco de los componentes internos de este proceso, las relaciones que la institución social tiene con la vida, con el medio social en el que está inmerso y se contextualiza. Por ello en la formación del profesional de la docencia se convierte en un elemento que *no puede darse al margen de la profesionalidad*.

Para nosotros, el principio interdisciplinar - profesional es aquel que dirige el proceso de enseñanza aprendizaje hacia la preparación de un futuro profesional capaz de solucionar integralmente los problemas que enfrentará en su futuro desempeño profesional.

Este principio significa la dirección del proceso de enseñanza aprendizaje que involucra y compromete a los estudiantes en la apropiación activa de conocimientos, habilidades y valores, a través del establecimiento de vínculos interdisciplinarios, con el objetivo de contribuir a formarlos como profesionales capaces de resolver de manera integral los problemas que enfrentarán en su práctica laboral y de autosuperarse, actualizando continuamente sus conocimientos.

En el caso de un profesional de la docencia, significa aquel que:

- *manifieste un dominio integral de su contexto de actuación profesional,*
- *valore el proceso educativo como un sistema complejo, considerando las intervenciones que planifica y realiza como una parte de la totalidad, por lo que debe ser capaz de asumir críticamente su actividad y de valorar sus alcances y consecuencias,*
- *conciba la actividad pedagógica como una actividad esencialmente interdisciplinar y aplique métodos científicos, para analizar, acometer y resolver los problemas,*

- sea capaz de profundizar y de actualizar constantemente sus conocimientos científicos y sus procedimientos metodológicos, de acuerdo a los constantes cambios que le impone la época en que vive,
- refleje en su trabajo las características de la actividad científica contemporánea, diseñando y orientando la participación activa de sus discípulos, que les proporcione una correcta visión de la ciencia y de la época en que viven,
- mediante su propio ejemplo, forme en sus discípulos valores y actitudes, así como una forma de pensar interdisciplinar, como parte de su educación científica como ciudadanos.

Es imposible soslayar este principio si se desea que la formación del futuro profesional de la docencia sea una formación contextualizada con su época, con su entorno, comprometida con las necesidades y demandas de la sociedad y del país en que vive, al mismo tiempo que sea científica, profundamente humana y le permita a este profesional trascender formas tradicionales de interacción con los sujetos de aprendizaje, que le faciliten su crecimiento.

Hemos podido constatar personalmente, en el intercambio de experiencias sobre el trabajo metodológico para la enseñanza de la Física en los CES (centros de educación superior) de Ciudad de La Habana, celebrado en junio del presente año, que existe una preocupación por relacionar la enseñanza de esta disciplina con las necesidades del futuro profesional.

Aunque en estos centros se realiza un trabajo en esta dirección que está teniendo determinados resultados, las transformaciones que se realizan se hacen desde las posiciones y criterios de la propia disciplina, estableciéndose vínculos, fundamentalmente, entre los conocimientos.

En el intercambio sostenido con los colegas, se pudo constatar, además, que se tiende a separar “lo profesional” de los nexos que se establecen entre la Física y las disciplinas de las carreras.

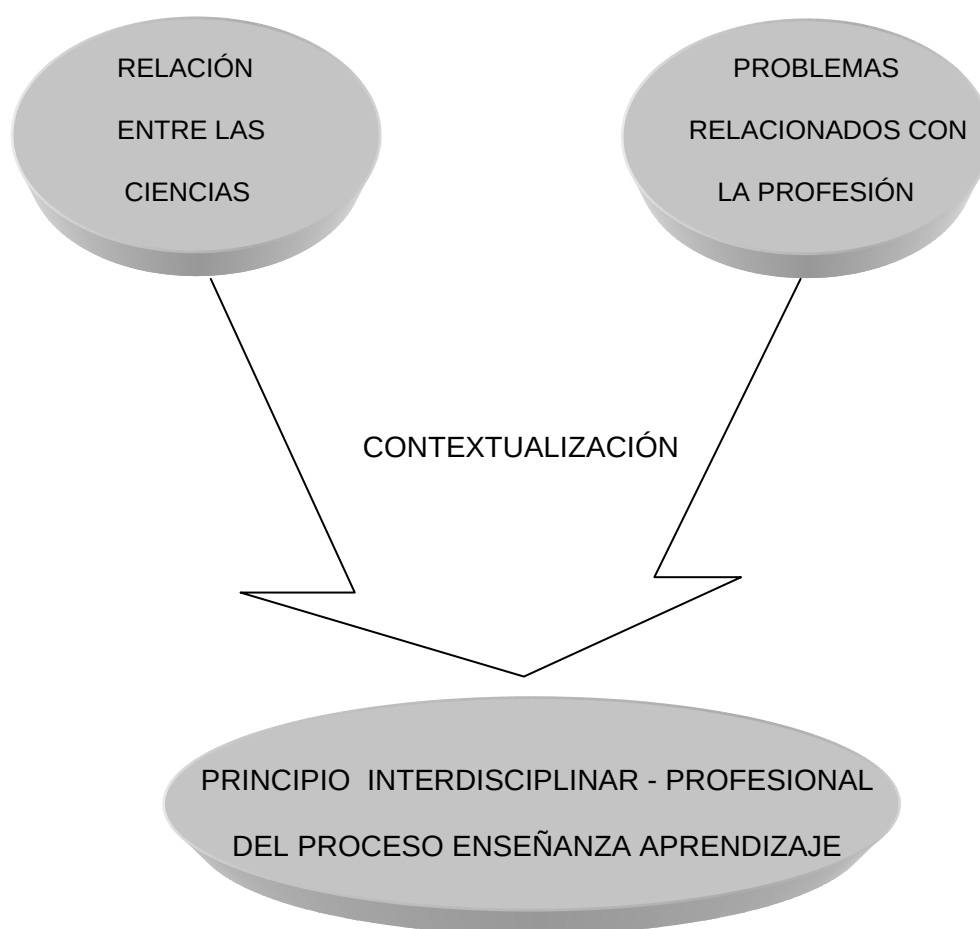
Consideramos que al establecerse las relaciones entre las disciplinas no puede obviarse, a la luz del principio interdisciplinar-profesional, el tipo de profesional que se quiere formar. Por ejemplo, no es lo mismo enseñar física a un futuro investigador en biología, que a un futuro profesor de esta o de otra ciencia.

Hay que considerar las relaciones entre las ciencias, pero también los problemas de la profesión, o sea los relacionados con el objeto y la lógica de trabajo del futuro profesional (Álvarez C.1994). De lo contrario no existirá una verdadera contribución a

la formación profesional, porque no habría interdisciplinariedad. La relación entre las ciencias estaría sesgada, descontextualizada.

En el caso de la formación del docente estas consideraciones tienen especial valor, puesto que este tiene, entre sus encargos sociales, la misión de formar integralmente a las futuras generaciones.

La unidad de las relaciones entre las ciencias y los problemas de la profesión se contextualizan en el proceso de enseñanza aprendizaje con la correcta aplicación, en la práctica, del principio interdisciplinar-profesional. Esto pudiera representarse esquemáticamente de la siguiente manera:



Las principales ideas expuestas en este capítulo están relacionadas con la necesidad de introducir en la práctica educativa contemporánea la interdisciplinariedad, lo que exige la formación interdisciplinar de los profesionales y, particularmente, de los profesores. Estas ideas pudieran resumirse como sigue:

- Vivimos una época en que se manifiesta un inusitado desarrollo de la ciencia y de la tecnología, que impacta en todas las esferas de la vida. Este desarrollo se caracteriza por un creciente proceso de integración.
- En correspondencia con el contexto actual en que se desarrolla la educación, se hace necesario proporcionar una educación científica a todos los ciudadanos. Esto pone en primer plano la necesidad urgente de profundas transformaciones en la enseñanza aprendizaje de las ciencias.
- Una de las premisas para lograr las transformaciones de la enseñanza aprendizaje de las ciencias es la adecuada preparación de los profesores, como principales encargados de ejecutarlas. Se hace preciso revisar y cambiar las concepciones sobre la formación y superación de los profesores de ciencias. Esto requiere que las investigaciones de la didáctica de las ciencias presten una mayor atención a esta cuestión.
- La interdisciplinariedad es actualmente una necesidad objetiva del desarrollo de la actividad humana. Aparece para dar respuesta a los problemas de organización y de optimización de la investigación y de la enseñanza. En el capítulo se relacionan y explican las razones que avalan estas afirmaciones.
- La interdisciplinariedad significa un cambio de actitud frente a los problemas del conocimiento, una sustitución de la concepción fragmentaria, por una unitaria del hombre y de la realidad en que vive.
- La interdisciplinariedad no solo es cuestión teórica, sino es ante todo una práctica, vinculada con la forma de pensar y de actuar de las personas y requiere de la convicción de estas, además de otras condiciones subjetivas y objetivas. No es una moda, ni un esquema que puede imponerse a la fuerza.
- La unidad del saber es un sueño que data desde los tiempos antiguos, pero es hoy una necesidad de la práctica. Sin embargo, en los currículos la interdisciplinariedad es declarada, pero no practicada, entre otras razones, por la formación disciplinar de las personas que los diseñan y de los maestros y profesores que los desarrollan.
- La deficiente preparación interdisciplinar de profesores y directivos ha sido considerada como una de las cuestiones que impiden avanzar a la escuela media cubana.
- El carácter interdisciplinar del proceso enseñanza aprendizaje requiere de una transformación profunda en las concepciones metodológicas de maestros, profesores y directivos y en las actitudes y relaciones entre los sujetos que

intervienen en el proceso. Esto implica la formación de un nuevo tipo de profesor, capaz de acometer las necesarias transformaciones que requiere la educación.

- Considerar que la formación profesional presupone tácitamente formar interdisciplinariamente a los futuros egresados se ha convertido en una idea de sentido común. Una formación profesional basada en un enfoque disciplinar, como actualmente sucede, no puede proporcionar a los estudiantes una formación interdisciplinar.
- El enfoque profesional de una disciplina o asignatura lleva implícita, en su esencia, la necesidad de su enfoque disciplinar. Estimamos erróneo considerar el enfoque profesional y la interdisciplinariedad como dos aspectos diferentes de la formación profesional.
- Asumir explícitamente la interdisciplinariedad como práctica en la formación profesional implica considerar el principio interdisciplinar-profesional para el diseño y desarrollo del proceso enseñanza aprendizaje. Este principio encuentra su fundamento en la realidad objetiva, en la vida misma. En la tendencia a la integración que caracteriza a la actual etapa del desarrollo de la humanidad.
- El principio interdisciplinar-profesional es el que orienta el proceso enseñanza-aprendizaje, dirigiéndolo hacia la preparación de un futuro profesional capaz de solucionar integralmente los problemas que encontrará en su futuro desempeño profesional.
- La denominación de este principio no significa una dicotomía. Expresa la necesidad, en estos momentos, de considerar explícitamente la interdisciplinariedad en la formación profesional. Aplicar este principio es considerar la relación entre las ciencias y los problemas de la profesión, o sea, los relacionados con el objeto y la lógica de trabajo del futuro profesional.
- A pesar de la creciente atención y preocupación por introducir la interdisciplinariedad en la práctica educativa, las reflexiones no trascienden el plano teórico. Existen contados ejemplos de prácticas interdisciplinares, puntuales, en la enseñanza primaria y media. Durante esta investigación no se ha encontrado la existencia de prácticas interdisciplinares, científicamente concebidas y desarrolladas, en la formación de profesores y, particularmente, en la formación de profesores de ciencias.

2. UN EJEMPLO DE FORMACIÓN INTERDISCIPLINAR DE LOS PROFESORES MEDIANTE LA ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LA FÍSICA

“En suma, queremos maestros hábiles y teóricos profundos, antes que eruditos indigestos y prácticos superficiales... No se concurre a los establecimientos para aprender todo lo aprendible, sino muy singularmente para aprender a estudiar y para aprender a enseñar”

José de la Luz y Caballero

2.1. Una metodología interdisciplinar-profesional para la formación de profesores de ciencias

Para resolver el problema de cómo diseñar y desarrollar la enseñanza aprendizaje de la Física para que contribuya a la formación interdisciplinar de los profesores de ciencias, se elaboró y aplicó una metodología denominada *interdisciplinar-profesional*.

Para nosotros resulta claro que el sustrato de la metodología descansa en el cumplimiento de los principios didácticos que, actuando en sistema, se relacionan de forma coordinada y/o subordinada para interactuar (Álvarez R.M. 1998, García J. 1998) En este caso, el principio interdisciplinar-profesional se convierte en el que rige y fue para nosotros un hilo conductor que permitió siempre mantener el rumbo, la orientación, en fin, el enfoque interdisciplinar-profesional, durante toda nuestra práctica y la de los estudiantes.

La metodología interdisciplinar-profesional fue el resultado de un largo proceso de búsqueda de alternativas didácticas para resolver, en la esfera de la formación de profesores de ciencias, los conocidos problemas que confronta la enseñanza aprendizaje de las ciencias y, en particular, de la Física (Perera F. 1997 y 1998, IPLAC 1998 y 1999, Valdés R. y Valdés P. 1999, Gil et al 1999, Marín N. 1997).

Tiene sus antecedentes en los cursos de Física, correspondientes al Plan B, que impartimos para las Carreras de Química y de Matemáticas Para su preparación sostuvimos entonces intercambios previos con profesores de esas especialidades, que sirvieron para acercar estos cursos a las necesidades de los estudiantes, mas solamente en el plano de los conocimientos.

La metodología cumple con un conjunto de exigencias generales, que se plasman en la práctica docente mediante un conjunto de acciones. Fue aplicada durante la confección del programa de la disciplina Física para la Carrera de Biología de la Licenciatura en Educación, correspondiente al Plan C y posteriormente durante las adecuaciones hechas a este plan (Perera F. 1990 y 1995). A partir del curso 1990-1991 se ha aplicado y perfeccionado sistemáticamente, durante el desarrollo del curso de Física en esa especialidad.

Al estar basada en la interdisciplinariedad, la metodología propuesta implica un cambio en las concepciones metodológicas y un abandono de las ideas de sentido común en la enseñanza aprendizaje de las ciencias (Gil D.1996).

2.1.1. Exigencias generales de la metodología interdisciplinar-profesional

Consecuentemente, a continuación se expresan las exigencias generales de la metodología interdisciplinar-profesional que proponemos. Estas exigencias constituyen, conjuntamente con las acciones desplegadas para su aplicación, sus rasgos distintivos que determinan sus diferencias cualitativas con respecto a otras metodologías que se utilizan en la enseñanza de la Física para la formación profesional

EXIGENCIAS GENERALES DE LA METODOLOGÍA INTERDISCIPLINAR-PROFESIONAL

1. *La interdisciplinariedad entre las ciencias (conocimientos, métodos, actitudes y valores, lenguaje).*
2. *La relación entre el contenido de la ciencia y los métodos y las formas de trabajo empleados en su enseñanza.*
3. *Atención a los problemas de la formación profesional.*
4. *Carácter interdisciplinar del proceso de enseñanza aprendizaje.*
5. *Relaciones dialógicas entre los sujetos que intervienen en el proceso.*
6. *Flexibilidad y carácter abierto. Perfeccionamiento continuo del proceso.*
7. *Carácter sistémico del proceso.*

Consideramos que al atender a la sistematización de las ideas sobre la interdisciplinariedad realizada en el capítulo anterior estas exigencias se explicarían por sí solas. No obstante, estimamos conveniente una sucinta explicación de cada una, que puede arrojar una mejor comprensión del contenido y significado de la interdisciplinariedad en el contexto del proceso enseñanza aprendizaje y, particularmente, del principio interdisciplinar-profesional, que sirve de base a la metodología propuesta.

1. *La interdisciplinariedad entre las ciencias (conocimientos, métodos, actitudes y valores, lenguaje).*

La interdisciplinariedad es la relación mutua entre las ciencias, en la que estas comparten sus sistemas conceptuales, teóricos y metodológicos en el campo investigativo y de enseñanza. Por tanto, en el proceso enseñanza aprendizaje deben reflejarse no solamente los conocimientos, sino también los métodos y procedimientos que comparten las ciencias involucradas, el devenir histórico y la contextualización de las relaciones entre las ciencias objeto de análisis.

Deben revelarse las diferencias en el lenguaje utilizado por cada ciencia y cómo estas pueden eliminarse para el trabajo en áreas del saber de interés común. La formación de actitudes y valores que favorecen las relaciones interdisciplinarias debe contribuir a su formación en los estudiantes, si ellos despliegan durante su actividad métodos de trabajo interdisciplinar.

2. La relación entre el contenido de la ciencia y los métodos y las formas de trabajo empleados en su enseñanza.

El contenido de la ciencia y las características de la actividad científica se reflejan en el proceso enseñanza aprendizaje, teniéndose en cuenta las exigencias de las didácticas especiales, los objetivos que se persiguen, las peculiaridades e intereses de los sujetos que aprenden, la necesaria preparación metodológica de los profesores, los recursos materiales de que se disponen, entre otros (Martínez M. 1999, Álvarez C. 1995, Marín N. 1997, Valdés R. y Valdés P. 1999).

La calidad educativa implica “que los métodos de trabajo que utilice (el maestro) no se divorcien de los científicos, o lo que es igual, que se asuma una posición científica en el trabajo educacional” (123,14).

3. Atención a los problemas de la formación profesional.

El principio interdisciplinar-profesional plantea la necesidad de considerar las características y exigencias del profesional que se quiere formar. Los contenidos de la disciplina se integrarán al plan de estudio del futuro egresado de modo subordinado, en función de los objetivos de la formación profesional, atendiendo a la lógica del egresado. “En el proceso docente-educativo el contenido será el de la ciencia pero de aquella o aquellas que formen al tipo de egresado que mejor responde al tipo de problemas que resolverá” (4,119).

Insistimos en que la formación interdisciplinar, en el caso de los profesores, reviste particular importancia, por tener estos la misión de formar a los futuros ciudadanos (García J. y Castillo C. 1997).

4. Carácter interdisciplinar del proceso enseñanza aprendizaje.

El carácter sistémico del proceso de enseñanza aprendizaje implica que ha de considerarse el lugar y el aporte de la disciplina o asignatura a la formación integral del profesional y sus relaciones con el resto de las disciplinas, no solo con las de la especialidad (Perera F. 1998).

5. Relaciones dialógicas entre los sujetos que intervienen en el proceso.

El enfoque interdisciplinar-profesional del curso presupone que uno de sus rasgos sea la participación democrática de las personas que intervienen en su desarrollo. *Son de suma importancia las relaciones profesor-estudiante y cómo el primero desempeña su rol, que debe servir como modelo de actuación profesional para los estudiantes* (Martínez M. 1999, Gil D. 1994).

Un nuevo estilo de relaciones interpersonales entre los sujetos en el proceso enseñanza aprendizaje es requisito para desarrollar un sujeto activo, independiente y creativo (Álvarez C. 1995, Álvarez R.M. 1998, Fernández M. 1994, Fernández A.M. 1996, Martínez M. 1999).

Consideramos que la importancia de esta relación es señalada por González F. (1997) cuando afirma: "La motivación que el escolar llega a formar en sus interacciones con el maestro, así como la seguridad y el bienestar que experimenta en estas, constituye la piedra angular para el trabajo independiente del alumno, momento esencial donde con frecuencia se producen importantes avances en la construcción de los conocimientos" (94,12). Acerca de la responsabilidad del profesor en esta interacción plantea: "La interacción profesor-alumno no se reduce... al momento cognitivo de la construcción del conocimiento. Lo primero que el maestro tiene que lograr con sus alumnos es la formación de una verdadera relación profesor-alumno, que se caracterice por la seguridad, el respeto y la motivación hacia la actividad. Por tanto, la interacción con el maestro se convierte en la vía esencial para el desarrollo de estos factores" (94,13).

Por estas razones, un elemento significativo de la metodología lo constituye la relación profesor-alumno desde las posiciones de una pedagogía del diálogo, en la que el educador no solamente enseña y dirige, sino que acompaña al otro, estimula su análisis, su reflexión y facilita la construcción conjunta del conocimiento y un mutuo enriquecimiento (Fernández F. 1996, Martínez M. 1999). "Cuando se piensa como fin de la educación la formación integral, es necesario establecer los intereses de todos los actores implicados" (43,39).

Lograr este tipo de relaciones no resulta un empeño fácil. Ante todo hay que desterrar de la práctica pedagógica el autoritarismo en el que muchos hemos sido formados y que durante tantos años se ha practicado. Esto significa entender que "ceder poder es una forma de ejercerlo... Ceder o no ceder marca la diferencia entre ser autoridad y tener autoridad" (43,40).

También es necesario educar a los estudiantes para que asuman el rol de sujetos de su aprendizaje y de interlocutores, para lo que, en general no están preparados (Fernández M. 1994, Fernández F. 1996, Taba H. 1974, Álvarez R.M. 1998).

Como ejemplo, en la metodología que aplicamos, este tipo de relaciones se manifiestan cuando en el primer encuentro con los estudiantes, se realiza el llamado “encuadre del curso” (García J. 1998), llegando a ciertos acuerdos con los estudiantes sobre los objetivos del curso y acerca de cómo se podrán satisfacer sus expectativas, declaradas en ese momento o durante el diagnóstico. Estos acuerdos se basan en el diálogo franco y abierto y en el compromiso de cumplir con las responsabilidades individuales y colectivas.

Todas las actividades desarrolladas en el curso involucran de manera activa a los estudiantes en el proceso de su formación profesional y contribuyen al aumento de su espíritu crítico y autocrítico.

Las relaciones dialógicas comprenden también las relaciones entre los estudiantes, que se potencian fundamentalmente mediante las actividades que desarrollan para dar cumplimiento al sistema de tareas del curso. Este estilo de trabajo abarca las relaciones con el jefe de año, el resto de los profesores del colectivo pedagógico y las organizaciones estudiantiles.

6. Flexibilidad y carácter abierto. Perfeccionamiento continuo del proceso.

La metodología ha de ser evaluada constantemente, por lo que se requiere flexibilidad para acometer los cambios que exijan las circunstancias, con vistas a su perfeccionamiento continuo. En este proceso y en la toma de decisiones participan conjuntamente los profesores y los estudiantes.

7. Carácter sistémico del proceso.

Al ser la interdisciplinariedad uno de los principios del enfoque sistémico, su aplicación en la práctica no puede ser ni puntual ni espontánea, cuestiones estas que han lastrado y abortado cualquier intento de acercamiento a la interdisciplinariedad. Cualquier abordaje de la interdisciplinariedad solamente puede ocurrir desde posiciones y actitudes interdisciplinarias (Ander-Egg E. 1994).

2.1.2. Principales acciones para desarrollar la metodología interdisciplinar-profesional

Consideramos que el planteamiento de las exigencias para una metodología sería letra muerta si esta no se concreta en su aplicación práctica. En el caso que nos ocupa quedaría la metodología interdisciplinar-profesional como otro de los abundantes ejemplos de propuestas teóricas para introducir la interdisciplinariedad que, en definitiva, nada aportan a la solución de los problemas del proceso enseñanza aprendizaje.

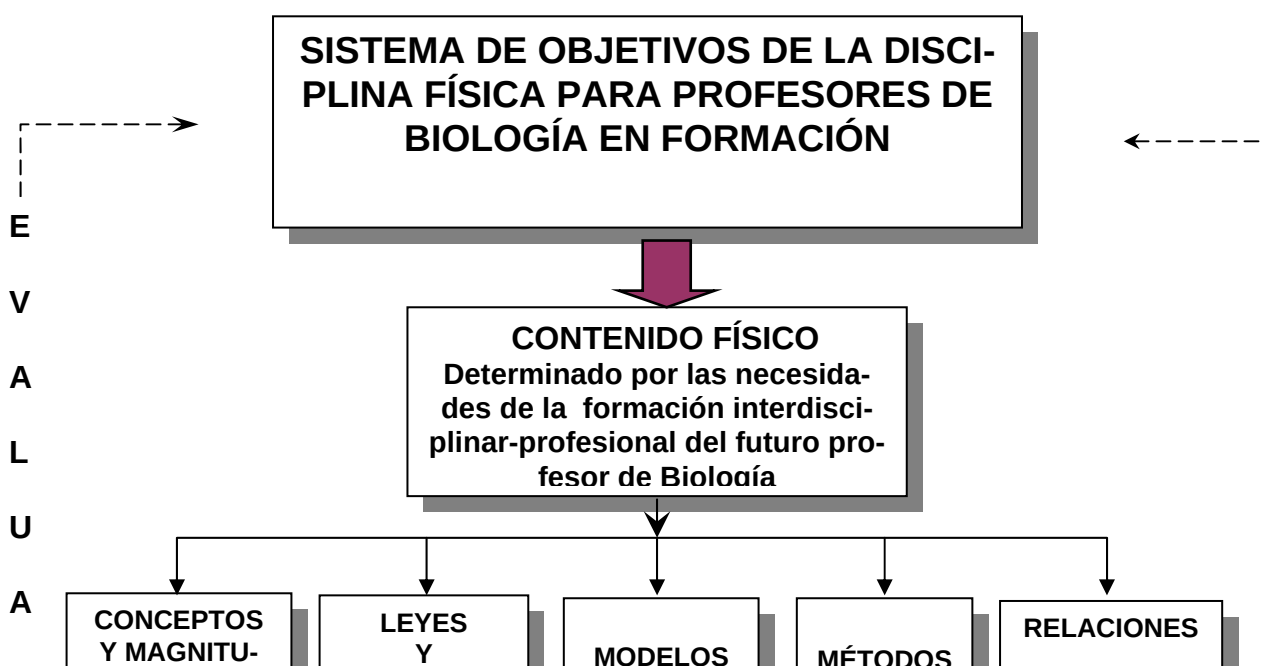
A continuación proponemos las principales acciones para el desarrollo de la metodología interdisciplinar-profesional. Dado que la introducción de la interdisciplinariedad como problema pedagógico no es lineal, sino multifactorial, compleja y difícil (Durasévich Y. 1972), ha de tenerse claridad en que esta propuesta no debe asumirse ni como una secuencia lineal de acciones, ni como una receta. Debe analizarse dialéctica y contextualizadamente.

PRINCIPALES ACCIONES PARA DESARROLLAR LA METODOLOGÍA

1. *Estudio y análisis de las premisas o puntos de partida.*
2. *Estudio de la ciencia con la que se establecerá la relación interdisciplinar.*
3. *Consulta de los documentos curriculares de la Carrera.*
4. *Trabajo del equipo interdisciplinar para la determinación de las necesidades de la Carrera.*
5. *Diseño interdisciplinar del programa.*
6. *Diseño, desarrollo y evaluación del sistema de tareas interdisciplinar-profesional, en las distintas formas de organización de la docencia.*
7. *Elaboración de los materiales docentes apropiados.*

A continuación se explican las principales acciones de la metodología interdisciplinar-profesional, mediante el ejemplo concreto del diseño y desarrollo del curso de Física para la especialidad de Biología. El esquema siguiente refleja los resultados de estas acciones en el diseño y el desarrollo del curso de Física.

METODOLOGÍA INTERDISCIPLINAR-PROFESIONAL



1. Estudio y análisis de las premisas o puntos de partida.

El diseño de cualquier currículo demanda la realización de un diagnóstico. En nuestro caso este se dirigió hacia los siguientes aspectos:

- 1-Exploración de la preparación interdisciplinar de los estudiantes, particularmente en cuanto a las relaciones Física-Biología y Física-profesión.
- 2-Consulta de los documentos curriculares de la Carrera de Biología.
- 3-Análisis de los programas de Física para biólogos que se habían impartido en la carrera (Planes A, B y C).

Analicemos los resultados obtenidos en cada uno de los aspectos del diagnóstico.

1. Exploración de la preparación interdisciplinar de los estudiantes

Independientemente de que los referentes teóricos señalan la insuficiente preparación interdisciplinar de los estudiantes, cuestión avalada por nuestra experiencia como docente, realizamos esta exploración para tener información real de primera mano, de los estudiantes del primer año de la Carrera de Biología. Por ser cuestiones íntimamente relacionadas, se determinó también el nivel de su actitud ante la Física.

Esta exploración se realizó a través de instrumentos y técnicas, como el cumplimiento de frases, la interpretación de diálogos, las composiciones y las encuestas. Estos fueron aplicados durante los cursos 1994-1995, 1995-1996 (42 estudiantes).

El resultado global de este diagnóstico mostró como tendencia una falta de información de los estudiantes acerca del significado del conocimiento de la Física para el desarrollo de la humanidad; acerca de las relaciones interdisciplinarias Física-Biología y de estas con el resto de las ciencias y del significado de la Física para su profesión. Consecuentemente, se manifestó un rechazo al estudio de la Física.

Se aplicaron sendos cuestionarios en los cursos 1994-1995 y 1995-1996. Estos cuestionarios y sus resultados cuantitativos aparecen en el anexo 1.

Los resultados arrojan que para los estudiantes la Física tiene muy poca incidencia en su formación profesional. Los que consideran la Física como importante para su formación profesional no la vinculan con sus necesidades profesionales esenciales, ni tampoco con la Biología. Las opiniones más generalizadas están relacionadas con lo siguiente:

- Es necesaria como cultura general.
- Un profesional debe saber de todo.
- Si la reciben es porque debe ser importante.

- Porque explica fenómenos de la vida cotidiana.

Solamente un 12,2% de ellos considera la Física como esencial para su carrera, explicando como razón el vínculo que existe entre la Física y la Biología. Los que respondieron negativamente se basan en que no ven ningún vínculo entre la Física y su futura profesión, ni con la Biología. Otros no la quieren porque nunca la entendieron o porque puede ser la causa de perder la carrera.

Los que seleccionaron “no sé” explican que no conocen la relación entre la Física y la Biología o que hasta ahora la Física nunca les ha servido y no saben si ahora les sirva para algo.

Significativo también resulta su desconocimiento sobre el plan de estudios y en general sobre la carrera, a pesar de haber cursado ya un semestre de la misma. Consideramos que esto pudiera ser un índice del insuficiente trabajo de orientación profesional de las asignaturas, que debe hacerse patente mediante su enfoque interdisciplinar-profesional, problema que analizamos en el capítulo anterior.

La mayoría de los estudiantes que abogan porque la Física permanezca en el plan de estudios es porque intuyen que debe ser importante si está incluida en el mismo.

Respecto a las posiciones sobre el diálogo (anexo 2), una discreta mayoría (41,5 %) opina que la asignatura no debe quitarse del plan de estudios, a condición de que tenga alguna relación con la Biología, se vincule su enseñanza con ella y no ocupe mucho tiempo. El resto de las razones coinciden con las del cuestionario. Los que concuerdan con su eliminación plantean, entre otras razones, que les hace desaprobado la carrera, que les hace perder el tiempo, que la Física es un “fuerte dolor” para los estudiantes, etc. Los que no toman partido (25%), al igual que los primeros, desconocen el papel de la Física en la Biología y en su futura profesión.

En el completamiento de frases (anexo 3) se observa la misma regularidad. Los criterios más comunes apuntan a lo siguiente:

- La mayoría considera que la Física es necesaria e importante, pero muy difícil.
- No pueden asegurar que la Física sea importante para los biólogos.
- La Física para el biólogo no es importante, es una preocupación.
- No vinculan la Física con su futura profesión.
- La mayoría no gusta de la asignatura; algunos desearían que no estuviera, que desapareciera, puesto que la “aborrecen”.

El 40 % declara que piensa abandonar la carrera, lo que constituye una de las serias dificultades que hay que enfrentar.

Es significativo que casi todos concuerdan en caracterizar a la Física como una asignatura abstracta, aburrida, incognoscible y enciclopédica. Se trasluce el temor a suspenderla, lo que puede dar al traste con sus deseos de ser graduados de una carrera universitaria, pese a los esfuerzos que puedan realizar para vencerla. Expresan sus deseos de recibirla a cambio de que sea distinta, motivante, atractiva, movilizadora y vinculada con sus intereses cognoscitivos.

La influencia del profesor sobre sus criterios se manifiesta cuando declaran su anhelo de tener un buen profesor que les imparta bien la asignatura. Un profesor que sea asequible, motivador, activo, “que vincule”, que les enseñe a aprender Física. Los que gustan de la Física lo agradecen, en parte, al haber tenido “un buen profesor de Física”, que les enseñó el vínculo de esta con la vida y, más específicamente, con la Biología.

En el curso 1995-1996 se realizó una indagación, aplicando la técnica de la composición. Las composiciones, cuyo título fue “La Física y yo”, fueron redactadas con un lenguaje escueto y directo. En ellas se reflejan las siguientes ideas:

- Siempre es bueno aprender algo nuevo.
- No sé por qué es tan importante para la carrera.
- No esperaba encontrármela en esta carrera.
- Me gusta, pero no quisiera tener problemas con ella.
- Dicen que es importante, pero no sé los motivos para atribuirle esta virtud.
- No me gusta, más bien “no me entra”. Es lo que más temo del primer año. Deséeme suerte.

En el anexo 4 se reproducen algunas de las composiciones, en las que se aprecia un espectro representativo de la visión que tienen los estudiantes sobre la Física, vinculada estrechamente con la ausencia del principio de interdisciplinariedad en los procesos de enseñanza aprendizaje por los que han transitado.

Además, en la prueba diagnóstica de la disciplina se plantean a los estudiantes problemas en que deben relacionar los conocimientos de Física con los de Biología. Los resultados de estas pruebas, además de no ser en general satisfactorios, demuestran la imposibilidad de los estudiantes de hacer transferencias de contenidos, al no poder establecer las relaciones entre los conocimientos de la Física y de la Biología estudiados en la escuela (anexo 5).

Haciendo un resumen de los resultados obtenidos, relacionamos a continuación los principales factores que, como tendencia, evidencian una insuficiente formación inter-

disciplinar de los estudiantes; una visión deformada acerca de la ciencia y del significado de la actividad científica para el ser humano y, como consecuencia, un rechazo hacia la Física:

- Desconocimiento de la relación de la Física con el resto de las ciencias y con el progreso tecnológico, así como su influencia en el desarrollo social.
- Imposibilidad de establecer vínculos entre los contenidos de Física y de Biología estudiados en la escuela media.
- Particular desconocimiento sobre la importancia de la Física para la Biología y del papel que ha jugado, junto con la Química, en su surgimiento y desarrollo como ciencia.
- Falta de información sobre su carrera, del plan de estudios y de la importancia de la Física para su formación y futuro desempeño profesional.
- La consideran una asignatura aburrida, abstracta y enciclopédica.
- Relacionan la Física con el fracaso académico. Constituye un peligro para sus deseos de continuar y culminar exitosamente la carrera.
- Una posición pesimista ante la imposibilidad de ver coronados con el éxito sus esfuerzos por entenderla.
- Existe el deseo de comprenderla y poder argumentar el por qué de su importancia.
- El importante papel de los profesores en la imagen que se han formado de la asignatura. La actitud hacia la Física parece tener como causa fundamental la forma en que se les ha impartido, puesto que la mayoría expresa su deseo e interés en aceptarla siempre que haya un cambio en la forma de su enseñanza.

Consideramos que estos resultados pudieran ser una muestra de los problemas que confronta la enseñanza de las ciencias y en particular de la Física, destacándose negativamente, entre otros: las consecuencias del pensamiento docente “de sentido común” de los profesores y directivos (Gil D.1996); la deficiente formación interdisciplinar de los profesores de ciencias; el deficiente establecimiento de relaciones interdisciplinarias y el divorcio con la vida en su proceso de enseñanza aprendizaje.

Con el fin de contextualizar nuestra futura práctica de enseñanza aprendizaje, en el diagnóstico se consideraron otras situaciones referidas a los estudiantes en torno a lo siguiente:

- Estudiantes de primer año, que se enfrentan por primera vez a las exigencias de un nivel superior,

- poco conocimiento de los procesos o fenómenos biológicos (Perera F.1995 y 1996),
- baja motivación por la carrera pedagógica (Del Pino J.L. 1998, González V. 1994, Gómez L.I. 1999b),
- alta motivación por la Biología o por ciencias afines,
- malos hábitos de estudio,
- la pobre disponibilidad de literatura con información científica actualizada y la dispersión de la existente que pueda estar al alcance de los estudiantes,
- la inexistencia de materiales docentes para desarrollar el curso de Física basado en la interdisciplinariedad.

2. Consulta de los documentos curriculares de la carrera.

Analizamos los materiales normativo - metodológicos de la Carrera de Biología como otro de los puntos de partida de nuestro diseño, para hacer la correspondiente derivación de los objetivos (Álvarez R.M. 1998), con el fin de que la disciplina Física pudiera satisfacer las necesidades de la formación del futuro profesor de Biología.

Entre estos objetivos deseamos destacar, por su importancia para nuestra labor, los siguientes (no todos están tomados textualmente):

Del Modelo del profesional (3ª versión):

Objetivos generales educativos:

- Demostrar con *su actuación profesional* el cumplimiento de los principios y normas de la ética pedagógica.
- Elevar constantemente su preparación *política-ideológica-científico-técnica y cultura general, mediante la autopreparación consciente y sistemática* y otras vías de superación. Con el fin de introducir las adecuaciones necesarias en su labor docente educativa para su perfeccionamiento continuo.
- Aplicar de manera consecuente y creadora el sistema de conocimientos y habilidades propias del proceso de enseñanza aprendizaje y las ciencias afines, *en la solución de los problemas concretos de la profesión.*

Objetivos generales instructivos.

- Aplicar conceptos, leyes y categorías de la Matemática, *la Física* y la Química a la solución de problemas biológicos y la fundamentación de estos.
- *Planificar y dirigir el trabajo independiente* de los alumnos, en función de los objetivos propuestos y de las diferencias individuales.

- Destacar la importancia del desarrollo de las ciencias biológicas como fuerzas productivas y *teóricas en diferentes campos de la actividad del hombre*.
- *Integrar los contenidos biológicos* de forma tal que demuestre la diversidad del mundo orgánico y su unidad material.
- Aplicar métodos y procedimientos que contribuyan a *activar el pensamiento* de los alumnos y desarrollen su independencia e iniciativa.
- Utilizar adecuadamente el lenguaje oral y escrito.
- Utilizar de manera efectiva *los medios de enseñanza* desde el punto de vista dialéctico y técnico.
- Objetivos relacionados con *habilidades para el trabajo colectivo* y la habilidad de valorar.
- *Aplicar técnicas de investigación* a la solución de problemas científicos.
- *Utilizar de manera correcta las fuentes teóricas fundamentales* para su adecuada preparación y superación científica, así como las de carácter partidista.

Derivados de los anteriores, encontramos los objetivos específicos *para el primer año*:

- Los relacionados con la formación de *habilidades inherentes a un buen comunicador*.
- Establecer las bases para el *enfoque consecuente desde el punto de vista dialéctico-materialista*, en la interpretación de los contenidos de la especialidad y de la esfera político-social.
- *Aplicar los conceptos, leyes y teorías Físicas necesarios para la explicación de fenómenos biológicos*.
- Valorar las posibilidades y exigencias que la profesión le plantea al futuro egresado, *las posibilidades de trabajo de investigación y desarrollo en la profesión* así como también a todo lo concerniente al proceso de formación profesional en los ISP.
- *Utilización adecuada del libro de texto y otras fuentes*.

Las palabras en letra cursiva fueron señaladas por nosotros para indicar aspectos claves a los que prestamos atención al realizar la derivación de objetivos.

Las cualidades exigidas al futuro profesional plasmadas en los objetivos planteados, requieren de una formación a la que puede contribuir, como parte del sistema complejo de influencias que concurren sobre dicha formación, una metodología basada en el principio interdisciplinar-profesional. Los objetivos del programa de la disciplina Física se derivaron, bajo este enfoque, tanto de los generales del modelo del profesional, como de los específicos del primer año.

Como parte del diagnóstico analizamos el informe de investigación, realizada por la Comisión de Carrera de Biología (1985), motivada por los problemas de la enseñanza aprendizaje de la Física y de la Química en dicha carrera. En el estudio realizado se evidencia la falta de vínculo de estas disciplinas con las necesidades de la formación profesional del profesor de Biología. En este informe se señala:

“- En la asignatura Física se lograrían mejores resultados si la presentación de contenidos (físicos) se realizara a través de ejemplos biológicos, puesto que de esta forma los intereses de los estudiantes se centrarían mejor en la asignatura.

“Las Ciencias Básicas no deben convertirse en un instrumento utilitario solamente en el sentido de proporcionar conceptos aislados, sino en función de lograr la comprensión de los procesos biológicos.

“Los programas de Física y Química para Biología no incluyen los contenidos adecuados a los requerimientos de esta especialidad y, por tanto, no son un medio eficiente para contribuir a proporcionar los conocimientos y habilidades que en estas asignaturas debe adquirir un profesor de Biología” (38,12).

En este informe se demuestra que la Física no cumplía las funciones que le corresponden en la formación del profesor de Biología. Se analiza la situación, pero no se sugieren acciones concretas para solucionar el problema, *que continuó existiendo hasta la aplicación de la metodología interdisciplinar- profesional*.

3-Análisis de los programas de Física para biólogos que se habían impartido en la carrera (Planes A, B y C).

Se realizó el análisis de documentos históricos de la disciplina Física para las carreras de la llamada “no especialidad” (Química, Biología, Geografía, Educación Laboral, Matemáticas) de la Licenciatura en Educación. Este estudio permitió obtener un cuadro relativamente claro de las características de los programas de dicha disciplina, atendiendo a diferentes momentos (planes de estudio vigentes A, B y C), al mismo tiempo que facilitó representarnos el cuadro de nuestra propia evolución en el campo de las ideas sobre el objeto de la tesis. Esto puede apreciarse en la tabla 1.

De forma general los programas diseñados anteriormente al Plan C eran concebidos como un conjunto de conocimientos distribuidos a semejanza del programa de la especialidad de Física, según las horas asignadas para cada semestre.

En realidad no se consideraban las necesidades de la formación profesional del estudiante al que iba destinado el curso. No se establecía la adecuada relación interdisciplinar ni se partía del modelo del especialista (Álvarez C. y Moltó E. 1987).

Tabla1. Evolución de la enseñanza aprendizaje de la disciplina Física en la Carrera de Biología

Plan de estudio	Curso escolar	Diseño de la Física para Biología plasmado en los programas.	Acciones de relación con otras ciencias y con la vida.	Acciones de relación con la profesión
A	1976-1980	Se le otorga prioridad a los conocimientos. Programa similar al de la especialidad de Física. Diseñado "siguiendo un texto". Gran disponibilidad de horas. Enciclopédico y descontextualizado. Sin derivación de objetivos No tenía en cuenta el desarrollo de los estudiantes. Centrado en el profesor.	Limitadas a los ejemplos clásicos de los libros de texto. Alumno como receptor.	Insuficientes.

B	1981-1983	Se mantiene en general la misma situación anterior. Se declara la relación de la Física con otras ciencias. Derivación gradual de los objetivos. El "principio de la unificación" motiva un programa común para todas las especialidades, lo que profundiza la descontextualización. No hay enfoque sistémico entre asignaturas. Se priorizan las conferencias. Nivel reproductivo. Evaluación cuantitativa.	Limitadas a los ejemplos clásicos de los libros de texto. Alumno como receptor.	Insuficientes.
	1983-1984		Ejemplos de aplicación ocasionales, desarticulados, desde la disciplina. Alumno como receptor.	Insuficientes.
	1984-1985		Ejemplos relacionados con la Biología y la medicina. Comienzo de intercambios esporádicos con los profesores de Biología.	Insuficientes.
Adecuación del Plan B	1987-1990	Acercamiento a las necesidades de la Carrera de Biología. Existencia de ideas rectoras. Sistematización de la disciplina. Atención al desarrollo de habilidades. Preponderancia de la actividad práctica. Reducción de horas. Nivel productivo. Evaluación por resultados Enfoque personológico.	Búsqueda por los estudiantes de ejemplos de la relación de la Física con la Biología y la Medicina.	Enfoque profesional de la Física. Familiarización con los textos de Biología, escolares y de la especialidad.
Plan C Plan C ajustado	1990-1994 1994-	Basado en la interdisciplinaiedad. Derivado del modelo del especialista. Diseñado en equipo con los biólogos y presentado y discutido ante la Comisión Nacional de la Carrera. Diseño y desarrollo de una metodología con un enfoque interdisciplinar-profesional. Contenidos en función de la formación del especialista. Evaluación procesual.	Refleja los problemas actuales de las ciencias. Sistema de tareas con problemas biológicos y de la vida, que se resuelven aplicando la Física. Posición investigadora y crítica de los estudiantes. Seminarios integradores al finalizar cada tema.	Contribución al desarrollo intelectual y afectivo para un desempeño profesional creador.

La relación de la enseñanza aprendizaje de la Física con la formación profesional de los estudiantes quedaba en última instancia, a merced de la decisión y preparación de los profesores, desde el punto de vista del vínculo con la práctica y de su concepción acerca de la ciencia. No existía tampoco un trabajo metodológico sistemático y coherente en esta dirección (Perera F. y Moltó E. 1985, Perera F. 1995).

Partiendo de una idea errónea acerca de la actividad del profesor y de los estudiantes en el proceso de enseñanza aprendizaje y de una posición marcadamente disciplinar, nuestras concepciones metodológicas fueron evolucionando paulatinamente, enriquecidas por la preparación teórica y la práctica en el aula, hacia un enfoque personológico e interdisciplinar de la enseñanza aprendizaje de la Física en la formación profesional.

En los cursos de Física que impartimos a los futuros profesores de matemática y de Química, antes de la aplicación del plan C y del plan C ajustado, ya se observa una aproximación paulatina a la interdisciplinariedad (Perera F. y Moltó E. 1985).

3. Estudio de la ciencia con la que se establecerá la relación interdisciplinar.

Para poder emprender la labor de establecimiento de la interdisciplinariedad entre la Física y la Biología y poseer una adecuada preparación para desarrollar un trabajo en equipo realizamos, ante todo, un estudio de la Fisiología Animal y Vegetal, de la Biomecánica y de elementos de Biología Celular y de Zoología. Para esto nos remitimos a los textos que más frecuentemente utilizan los estudiantes durante la carrera y sostuvimos encuentros con los profesores de esas disciplinas. Estudiamos también los textos de Biología de la escuela media y de sus orientaciones metodológicas, intercambiando criterios con los profesores de Metodología de la Enseñanza de la Biología.

Lo anterior nos permitió determinar, en una primera aproximación, qué conocimientos básicos, modelos y métodos de la Física utiliza la Biología, en función de las necesidades de los estudiantes para su formación y futuro desempeño profesional. También nos permitió establecer la relación dialéctica entre la lógica de la disciplina Física y la lógica de trabajo del profesor de Biología.

Para profundizar en las relaciones entre ambas ciencias, obtuvimos información acerca del desarrollo histórico entre ellas; consultamos libros de divulgación científica que relacionan la Física y la Biología y estas con otras ciencias y textos de Física dirigidos a biólogos y/o a médicos y a deportistas.

Con el mismo propósito y con vistas a dar al curso una mayor vinculación con la actividad científica contemporánea y con la vida, se desarrolló una búsqueda bibliográfica

en revistas especializadas, como Nature, Scientific American, Le Recherche, Znanie o de sus versiones en español, disponibles en los centros de documentación e información del ISPEJV, del MINED y de la Academia de Ciencias.

4. Trabajo del equipo interdisciplinar para la determinación de las necesidades de la Carrera.

“La concepción de la enseñanza como una actividad con aspiración científica requiere un trabajo docente en equipo de preparación de materiales didácticos, de intercambio de experiencias y, en definitiva, de planteamiento de la docencia como una tarea de investigación colectiva, de producción de conocimientos sobre la enseñanza y el aprendizaje” (81,64).

Conjuntamente con el diagnóstico realizado, trabajamos en equipo interdisciplinar con los profesores de la Carrera de Biología que poseen un conocimiento de los fundamentos de la Física. Este encuentro fue provechoso para determinar las áreas del programa y los puntos nodales de integración con la Biología, en una primera etapa.

El objetivo fue precisar las nuevas necesidades de la especialidad y el sistema de conocimientos físicos para satisfacerlas, buscando las áreas que permitieran el mayor número de transferencias (Taba H. 1974, Coll C. 1989). Esta actividad se enriqueció con nuestra participación en las discusiones de la Comisión Nacional de la Carrera de Biología.

Sobre estas bases se determinaron los temas biológicos que requerían, como soporte, de un conocimiento físico para su comprensión, además de la contribución de la disciplina Física a la formación integral de los estudiantes.

Las principales relaciones que se determinaron, en función de las ligaduras impuestas a los programas, fueron, *grosso modo*:

Mecánica. Fuerza centrífuga. Palancas. Campo gravitatorio. Trabajo y energía.

Ondas mecánicas. Ondas sonoras. Infrasonido y ultrasonido. Ecolocalización. Superposición. Resonancia. Efecto Doppler.

Fluidos. Fluido. Presión hidrostática. Ósmosis. Difusión. Tensión superficial. Capilaridad. Hidrodinámica. Viscosidad.

Campo eléctrico. Intensidad de campo eléctrico. Diferencia de potencial eléctrico.

Campo magnético. Propiedades fundamentales.

Ondas electromagnéticas. Espectro electromagnético. Influencia sobre los seres vivos.

Óptica. Reflexión. Refracción. Difracción. Transparencia. El ojo como instrumento óptico.

Leyes de conservación. Ley de conservación del momento lineal. Ley de conservación del momento angular. Ley de conservación de la energía.

La teoría cinético-molecular y la termodinámica serían abordada por la disciplina Química. Esto condicionó un trabajo de coordinación con esta disciplina para lograr una adecuada articulación, habida cuenta que los fenómenos y procesos biológicos se fundamentan en estas dos ciencias.

El trabajo de coordinación interdisciplinar se extendió al resto de las disciplinas y asignaturas que tributan a la Carrera de Biología. De esta forma se determinaron, por citar solo algunos ejemplos:

- la necesidad de que la matemática abordara cualitativamente el concepto de gradiente de una función, necesario para explicar y aplicar conceptos como el de gradiente de velocidad en los fluidos (aparato circulatorio) y gradientes de concentración y de potencial (para el estudio de los fenómenos de transporte transmembrana);
- la contribución de la Física a las asignaturas del ciclo psicopedagógico
- la contribución de la Física al desarrollo, en los estudiantes, del lenguaje científico-técnico y de la lengua materna, en interacción con la asignatura correspondiente.

Las relaciones establecidas durante la etapa del diseño curricular deben continuar en la etapa de su desarrollo y evaluación. Los profesores de las disciplinas biológicas y sus directivos han participado en la confección y asesoría, desde el punto de vista científico-metodológico, de los materiales docentes, del sistema de tareas y de los temarios de evaluaciones parciales y finales.

Estos profesores observan el paulatino desarrollo integral de los estudiantes, el cambio operado en ellos, mediante su participación en los seminarios integradores y en los tribunales para las evaluaciones orales instrumentadas. Sus criterios son de extraordinaria importancia para el perfeccionamiento continuo del proceso enseñanza aprendizaje de la Física en todos los órdenes.

Un particular intercambio se ha mantenido con los profesores de las asignaturas Biología celular, de fisiología humana y fisiología vegetal.

5. Diseño interdisciplinar del programa.

El enfoque interdisciplinar-profesional del curso debe satisfacer las necesidades e intereses del futuro graduado, de manera que el sistema de contenidos físicos adquiri-

dos se integre al sistema general de los contenidos (conocimientos, habilidades, actitudes y valores), que debe poseer el futuro especialista.

Dado el limitado tiempo disponible, optamos por seleccionar contenidos básicos y significativos para los estudiantes, para detenernos en ellos y de manera que los estudiantes los captaran y comprendieran mejor, al tener la oportunidad de desplegar distintas actividades en torno a ellos (Gimeno J. y Pérez I.1992).

El curso fue organizado por temas, siguiendo la secuencia que usualmente utiliza la disciplina Física, teniendo en cuenta la integración de los conocimientos. “ La integración pedagógica del conocimiento no anula el orden lógico entre saberes o el orden construido dentro de cada disciplina, sino que lo subordina a la pretensión de su integración” (86, 322).

Estos contenidos se relacionan con los contenidos biológicos en los momentos de síntesis interdisciplinar (D´Hainaut L. 1980, Fernández M. 1994), en las distintas formas de organización del curso, para mostrar la mayor cantidad de relaciones posibles con problemas de la ciencia y aplicaciones a la vida diaria, que genera un aprendizaje interesante y significativo para los estudiantes y las posibilidades de una mayor transferencia (Álvarez R.M. 1998, Álvarez C. 1995, Martínez M. 1999, Valdés R. y Valdés P. 1999).

En nuestro criterio logramos, con las acciones anteriormente descritas, que los aspectos de la Biología seleccionados fueran parte de los más relevantes que el estudiante tendrá que enfrentar en las asignaturas de la especialidad y como profesor en la escuela. La discusión de las bases Físicas para la explicación de esos fenómenos, procesos y problemas biológicos, lo prepararían mejor para cumplir con éxito estas tareas.

El reajuste del Plan C significó el recorte de un tercio del fondo de horas dedicada a la disciplina (de 120 a 80 horas/clases). Decidimos, ante esta encrucijada temporal, eliminar muy a nuestro pesar las horas de laboratorio, analizando que su aporte real al curso resultaría ínfimo, toda vez que al tener que dedicarle un bajo presupuesto de horas se afectaría, por una parte el adecuado desarrollo de habilidades experimentales que, en general, no poseen los estudiantes y por otra la cantidad de horas dedicadas al contenido y al desarrollo de otras habilidades profesionales, que se restringiría aún más.

En el programa anterior las prácticas de laboratorio contaban con 40 horas/clase y contribuían a desarrollar habilidades experimentales, fundamentalmente las de medi-

ción y observación. Sus tareas estaban en función, además, de las actividades que en la práctica laboral se realizaban, como la medición de la talla y peso de los escolares. También habíamos concebido que los estudiantes realizaran tareas experimentales de la Física en el laboratorio escolar de Biología. Estas no pudieron realizarse por las precarias condiciones materiales de estos laboratorios o por su inexistencia.

Abarcar temas desde la Mecánica hasta la Óptica requirió la selección, organización y sistematización *intradisciplinar* de los contenidos (conocimientos, habilidades, actitudes y valores) que fueran esenciales. Esta situación reforzó el carácter intra e interdisciplinar del curso, el papel activo de los estudiantes y la función orientadora del profesor. El carácter cualitativo del curso aumentó, lo que no significó que se afectara su nivel y rigor científicos.

El resultado de todo este proceso culminó en el diseño de un programa de Física, en el que se evidencia la presencia del principio interdisciplinar-profesional, que sirve de base para su ulterior desarrollo (anexo 6).

Este curso de Física no tiene precedentes. Al estar basado en la interdisciplinariedad, difiere de los cursos de Física “clásicos” que, en general, se basan en un enfoque disciplinar, fragmentado de la ciencia y no satisfacen los intereses y las necesidades de la formación profesional de quienes los reciben (Perera F. 1995, Valdés P. y otros 1997). En el tercer capítulo se analiza esta cuestión.

Mediante el análisis de las relaciones ciencia-tecnología-sociedad (Caamaño A. 1994, Núñez J. 1998) se imprime al curso un carácter contemporáneo y cultural. El sistema de tareas contempla la discusión, con el nivel de profundidad adecuado para los estudiantes y mediante ejemplos, del importante papel de la relación Física-Biología en el desarrollo actual de las ciencias, sus relaciones con otras ciencias y la tecnología y su repercusión en la sociedad y en la vida de las personas.

El estudio de esta relación comprende desde la formulación de la ley de conservación de la energía por el médico Meyer, los trabajos de Galvani, los de Newton y Helmholtz en el campo de la fisiología, hasta el papel decisivo que para el presente y el futuro de la humanidad tienen la Ingeniería Genética, la Biotecnología, las Neurociencias, la Imagenología y otras. Estos son ejemplos del enriquecimiento mutuo de ambas ciencias, interrelacionadas a su vez con otras, como la Informática, la Matemática, la Química, Ciencia de los materiales y diversas ramas de la ingeniería y de las ciencias sociales.

Se examina el desarrollo de estos campos en nuestro país y su repercusión en la población, en la economía y en las relaciones internacionales. Se destacan las particularidades de la actividad científica y los valores que desarrolla. Se llevan al aula por el profesor y por los estudiantes artículos, noticias o comunicaciones, sobre los últimos descubrimientos o avances científicos o tecnológicos y se discuten sus repercusiones e implicaciones éticas.

6. Diseño, desarrollo y evaluación del sistema de tareas interdisciplinar-profesional, en todas las formas de organización de la docencia.

La principal característica del desarrollo del curso de Física interdisciplinar-profesional radica en la actividad de los estudiantes, caracterizada por la realización de un sistema de tareas (Valdés R. y Valdés P. 1999, Gil D. y Valdés P. 1996, Martínez M. 1998, Kapitsa P. 1985, Moltó E. 1998, Álvarez C. 1994, Marín N. 1997, Silvestre M. 1999).

Para nosotros resulta importante el criterio de Fernández M. (1994) de que la solución de situaciones problémicas y tareas prácticas son favorecidas “por un diseño curricular que ha incorporado a su sustancia más medular y organizativa la interdisciplinariedad” (64,543). Esta ventaja también es advertida por Taba H. (1974) y Gimeno J. y Pérez I. (1992).

Una de las actuales tendencias innovadoras en la enseñanza aprendizaje de las ciencias tiene como base el diseño y la ejecución de sistemas de tareas o de actividades (Gil D. y Valdés P. 1996, Valdés R. y Valdés P. 1999, Marín N. 1997). Esta concepción plantea “el aprendizaje como tratamiento de situaciones problemáticas abiertas, que los alumnos puedan considerar de interés” (84,11).

Esta tendencia, que en realidad no puede decirse que sea completamente nueva por su concepción didáctica (Danilov M. y Skatkin M. 1979), se propone contribuir a la solución de las dificultades que aquejan a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, mediante el acercamiento del alumno a la actividad científica, para formar en ellos una actitud crítica al enfrentar la solución de problemas de la realidad que les rodea y un pensamiento científico creador.

Respecto a esta cuestión, Kapitsa P. (1985) señala la ventaja de la Física, como una de “las esferas más apropiadas para cultivar en la juventud el pensamiento científico creador general en las ciencias naturales”, puesto “que la Física está mucho más próxima a la vida y a las posibilidades de estudios científicos de los procesos que tienen lugar en la naturaleza que nos rodea” (102,265).

En la elaboración del sistema de tareas el profesor planifica las acciones que los estudiantes realizarán, bajo su dirección, para dar cumplimiento a los objetivos del proceso enseñanza aprendizaje. “El enunciado de cada tarea debe expresar el objetivo de la enseñanza como una acción concreta que realizarán los alumnos. Esto es favorecer que los estudiantes conviertan determinado contenido de aprendizaje en objetivo de las acciones individuales que realizarán” (191, 15).

El diseño del sistema de tareas interdisciplinar-profesional diseñado y aplicado consta de tareas cuyo enunciado direcciona la ejecución de la relación interdisciplinar entre la Física y la Biología, así como la aplicación por los estudiantes de métodos de trabajo científico, potenciando el método de trabajo interdisciplinar.

El contenido de las tareas de este sistema está vinculado con los intereses cognoscitivos y profesionales de los estudiantes y exigen la participación comprometida de los mismos, basada en la actividad investigativa orientada por el profesor.

Coincidimos con Moltó E. (1998) en que el carácter de sistema de las tareas “es imprescindible para garantizar el carácter sistémico del proceso de enseñanza aprendizaje” (137,10). Para fundamentar este sistema “y la lógica de interrelación de las tareas, es necesario precisar sus objetivos, principios, funciones y etapas de solución” (122, 40)

Para diseñar el sistema de tareas interdisciplinar-profesional se consideran:

- *las exigencias de la metodología interdisciplinar-profesional,*
- *los objetivos de la disciplina Física para la formación de los profesores de Biología y la selección y secuenciación de los contenidos,*
- *las dificultades, que como tendencia, se han manifestado en un buen número de estudiantes, producto de la aplicación del diagnóstico y de la observación durante nuestra práctica docente, avalada por más de 10 años en la impartición de la Física para futuros profesores de Biología (Perera F. 1998),*
- *que el sistema de tareas abarque todas las formas de organización del proceso que se conciben para la educación superior,*
- *la interrelación coherente de las tareas y sus crecientes niveles de complejidad, para el desarrollo gradual de las habilidades de los estudiantes, desde la reproducción de conocimientos hasta la posibilidad de plantear y resolver problemas (Álvarez R.M. 1998),*

- *que las tareas planteen situaciones problemáticas, fundamentalmente en el contexto de las relaciones interdisciplinarias. Estas tareas se resuelven mediante la integración de los conocimientos, su aplicación y generalización.*
- *que durante su solución se generen la mayor cantidad posible de transferencias. “Es sabido que el aprendizaje resulta más eficaz cuando los hechos y los principios asimilados en un campo pueden ser relacionados con otro, especialmente si este conocimiento se aplica.” (182,391),*
- *el carácter flexible del sistema y sus posibilidades de continuo perfeccionamiento,*
- *sus funciones para la evaluación y control de la actividad del estudiante, “como uno de los métodos más efectivos de comprobar cuán profundamente el estudiante comprende la asignatura, de verificar si su conocimiento es solo una acumulación de lo estudiado de memoria” (102,250).*
- *la realización de seminarios integradores al finalizar cada tema de los que consta el curso (Perera F. 1996). Estos son ejemplos de verdadera síntesis interdisciplinar realizada por los estudiantes, en los que desarrollan habilidades profesionales y métodos de trabajo interdisciplinar.*

Entendemos como situación problemática (o problemática) aquella que “se soluciona, superando la contradicción entre dos polos que son inseparables en ella. Por un lado, *la necesidad* de comprender o modificar la realidad y por otro, *los insuficientes conocimientos, habilidades y medios* para satisfacer esa necesidad” (191,23).

El acotamiento de la situación problemática conduce al planteamiento del problema a resolver.

El problema es aquella situación que plantea dificultades, para las que no se poseen soluciones hechas (Gil y otros 1994) El problema debe estar contextualizado y mostrar su pertinencia e interés (Martínez M. 1998, Valdés R. y Valdés P. 1999).

El sistema de tareas interdisciplinar-profesional está contextualizado en el proceso de la enseñanza superior y más específicamente, en el de la formación profesional pedagógica. Es por eso que presenta rasgos particulares, además de los rasgos generales para los sistemas de tareas, reconocidos por los distintos autores.

Los principales rasgos del sistema de tareas interdisciplinar-profesional son los siguientes:

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE TAREAS INTERDISCIPLINAR- PROFESIONAL

Generales

- *Tareas de interés científico o práctico para los estudiantes.*
- *Asequibles. El nivel de los conocimientos de los estudiantes debe ser suficiente para cumplimentar las tareas.*
- *De carácter cualitativo y con enunciados abiertos.*
- *Su realización requiere aplicar métodos del trabajo científico (formulación de hipótesis, acotamiento de problemas, el trabajo experimental, la utilización de modelos, el trabajo en colectivo, entre otros).*
- *Requieren la integración y la aplicación de los conocimientos para la solución de problemas relacionados con la vida.*
- *Favorecen: el aprendizaje, la motivación y la formación de habilidades para la investigación.*
- *Favorecen el desarrollo del trabajo independiente*
- *Permiten a los estudiantes adquirir una visión más amplia de la realidad.*

Particulares

- *Revelan las relaciones interdisciplinarias entre las ciencias: conocimientos, métodos de investigación y de enseñanza, actitudes y valores.*
- *Revelan las relaciones ciencia-tecnología-sociedad.*
- *Su solución requiere la integración, la generalización y la transferencia de los conocimientos, para la solución de problemas relacionados con la vida y con su futuro desempeño profesional.*
- *Propician abordar los aspectos axiológicos de las ciencias.*
- *Propician el análisis de aspectos de la didáctica de las ciencias.*
- *Familiariza a los estudiantes con los conocimientos de la ciencia de su futura profesión.*
- *Desarrollan habilidades profesionales.*
- *Flexibilidad.*

¿Cómo se revela la interdisciplinariedad en el sistema de tareas y durante la solución de estas? ¿Cómo este contribuye a la formación interdisciplinar-profesional de los estudiantes? Veamos algunos ejemplos

Por la importancia que tienen para la lógica de trabajo del profesor de Biología, en la realización del sistema de tareas se presta especial atención a la discusión de los modelos y de los métodos de análisis de las distintas situaciones del objeto físico y cómo estos son utilizados por la Biología.

Las tareas promueven también el análisis y discusión de las razones por las que los métodos de análisis de la Física, como el energético y el gráfico, se encuentran entre las herramientas fundamentales para el estudio de los fenómenos biológicos. Se analiza a través de ejemplos concretos la aplicación de estos en el campo de las ciencias biológicas, *fundamentalmente de aquellos que se estudian en la Biología de la enseñanza media (secundaria básica y preuniversitaria)*.

Al resolver las tareas, siempre que es oportuno, se analiza cómo las aplicaciones de la Física examinadas pudieran ser introducidas en la enseñanza aprendizaje de la Biología en la escuela. En estos momentos los estudiantes examinan las posibilidades de síntesis interdisciplinar en el proceso enseñanza aprendizaje de la Biología en la escuela, asumiendo el rol de profesores.

Como ejemplos de lo anteriormente explicado, y sin pretender hacer una clasificación, ofrecemos una caracterización de distintos tipos de tareas que conforman el sistema:

- Valoración de la importancia y de las repercusiones de la Física en el desarrollo del hombre y en su visión del mundo, en el desarrollo de las ciencias y en particular, de la Biología. Ej. : Valore la importancia que tiene para el desarrollo del conocimiento del hombre, para la explicación de la realidad que lo rodea, y en particular para la Biología, el estudio de las leyes de la dinámica. Exponga ejemplos concretos.
- Realización de ejercicios típicos de Física, que presentan distintas situaciones del objeto físico, cuya solución requiere la aplicación de modelos y de métodos de la Física que son utilizados por la Biología. Ej. : ¿Cuál de las gráficas de la figura se aproxima más a la velocidad en función del tiempo de una piedra que se arroja verticalmente al aire en el instante $t = 0$ y vuelve a tierra cuando $t = t'$?
- Búsqueda de la aplicación a la Biología de al menos uno de los conceptos, leyes, modelos o métodos estudiados en cada tema y la ficha bibliográfica correspondiente. Con esta información se trabaja en distintos momentos del curso, cuando es posible integrarla con otros conceptos o situaciones del objeto físico. Ej. : 1) Valores de velocidad en distintos procesos fisiológicos. 2) Investigue cómo se clasifican los insectos, atendiendo a los valores de la frecuencia del movimiento de sus alas.
- Análisis del tratamiento que hace la Biología y otras ciencias de determinados conceptos físicos, (como por ejemplo, velocidad, masa, trabajo, potencial, etc.). Ej. Busque en la bibliografía de su especialidad el tratamiento dado al término “masa”

y compárelo con el concepto dado por la Física. ¿Qué conclusiones puede sacar al respecto?

- Resolución de problemas biológicos o de la vida, que requieren de la aplicación de los conocimientos físicos. Ej. 1) ¿Por qué el cielo es azul? 2) ¿Por qué los cosmonautas adoptan una posición semiacostada en el momento del lanzamiento de la nave?
- Valoración de la aplicación de métodos de la Física para la explicación de determinado contenido de la Biología. Je: 1) Analice el gráfico p-v, que explica el trabajo realizado por los pulmones durante la respiración. 2) Explique los fundamentos físicos de algunos de los métodos aplicados para la medición de la velocidad de la sangre (ondulatorio y electromagnético), así como sus posibles ventajas y desventajas.
- Explicación o valoración de ejemplos de aplicación de la Física en el desarrollo y utilización de tecnologías avanzadas en distintas esferas de la actividad humana. Je: Explique el uso del ultrasonido para la diagnosis y la terapéutica médicas y en la industria.
- Valoración de las relaciones CTS en el contexto nacional e internacional y la presencia en estas de la Física y de la Biología. Ej. a) ¿Qué es la Imagenología? b) Relacione algunas de las técnicas que conforman esta rama de la investigación científica. Explíquelas brevemente c) Ponga ejemplos de su utilización en el campo de la Biología y/o de la medicina. d) ¿Qué avances puede mostrar Cuba en esta esfera?
- Tareas que se plantean a raíz de la divulgación de determinado descubrimiento o logro, científico o tecnológico, e implican discutir los aspectos axiológicos de la ciencia contemporánea. Je: 1) Discusión del significado que tiene la producción de la vacuna contra la hepatitis tipo B en nuestro país y su repercusión en el ámbito internacional. 2) Análisis del significado de la mercantilización de los descubrimientos científicos, como los de la Ingeniería Genética.

La orientación de las tareas por parte del profesor comprende tres momentos básicos:

- 1- La información sobre las fuentes bibliográficas y su ubicación.
- 2- La precisión sobre el grado de profundización de las respuestas.
- 3- Los métodos para el tratamiento y presentación de la información.

La adecuada orientación de las acciones de los estudiantes evita que la solución de los problemas sea meramente reproductiva.

Las conferencias tienen un marcado carácter orientador y se desarrollan, por lo general, sobre la base de tareas que plantean siempre un problema a resolver. Se desarrollan mediante el diálogo, cuando los estudiantes participan activamente, bajo la guía del profesor, en el acotamiento del problema, en la formulación de hipótesis, el planteamiento de los métodos a seguir y en la discusión para su solución en la propia conferencia o posteriormente. Participan también en la discusión sobre la posibilidad de aplicación de un determinado modelo físico-matemático o de una ley o concepto físicos en el campo de su especialidad.

Esta forma de exposición resulta de interés a los estudiantes y favorecen su razonamiento científico y las condiciones para su participación libre con opiniones, dudas, asunción de posiciones en torno a lo que se discute. Es un punto de partida para que los estudiantes resuelvan otras tareas, utilizando otros métodos, cuyos resultados se presentan en las otras formas de organización de la docencia (Martínez 1998). Brinda, además, “posibilidades indiscutibles para lograr un adecuado vínculo conferencia-seminario” (122,48).

De acuerdo a su grado de complejidad, las respuestas a las tareas se discuten en las clases prácticas, o forman parte de los aspectos a discutir en el seminario integrador. En todo momento se va mostrando a los estudiantes, *con el objetivo metodológico de contribuir a su formación profesional*, el carácter sistémico de las tareas y la lógica de sus relaciones.

A medida que se avanza en el curso el cumplimiento de las tareas van relacionando los distintos conocimientos de la Física (relación intradisciplinar), además de establecer la relación interdisciplinar correspondiente. El grado de generalización va incrementándose hasta llegar a los seminarios integradores. Al ir resolviendo las tareas planteadas, el estudiante se prepara para su intervención en los mismos, lo que constituye en sí otra tarea mucho más compleja.

Mediante la realización del sistema de tareas se va revelando a los estudiantes la relación existente entre distintos fenómenos o procesos de la realidad, aparentemente inconexos, por lo que resulta esencial el conocimiento de los conceptos, métodos y leyes científicas, unido a la posibilidad de integrarlos y aplicarlos, partiendo de una actitud crítica y reflexiva ante los problemas que se les planteen. Los estudiantes van desarrollando habilidades para realizar operaciones de análisis y de síntesis y de transferencias de contenidos.

En los seminarios integradores se persigue que se produzca la mayor integración y generalización posible de los contenidos, en el sentido que lo hemos asumido, para

lograr que el estudiante realice la mayor cantidad posible de transferencias. “Un desarrollo tal puede esperarse sólo en la medida en que el contenido se aprenderá y los procesos del aprendizaje estén pergeñados como para conducir a generalizaciones y formas de pensamiento fructíferas y a métodos de aplicación de éstas en un contexto nuevo” (182,171).

Por el significado en la formación profesional de los estudiantes y por sus funciones cognoscitivas y educativas (Buzón M. 1997), los seminarios integradores resultan hitos fundamentales del curso y tienen un gran peso en la evaluación sistemática y en el criterio evaluativo final.

Zinoviev y Abdúlina (citados por Buzón) consideran al seminario como una de las más importantes y complejas actividades prácticas dirigidas por un docente, que en los centros de enseñanza superior (CES) contribuye a la solución de múltiples tareas: consolidación, profundización de los conocimientos teóricos de los estudiantes, aprovechamiento de habilidades pedagógicas y el desarrollo del pensamiento lógico. Su utilidad para el desarrollo del pensamiento creador en la Física es señalada por Kapitsa P. (1985).

El carácter heurístico de los seminarios exige el trabajo investigativo de los estudiantes, de acuerdo a su nivel intelectual, el desarrollo de habilidades para el trabajo con la literatura científica y “la apropiación de cierto nivel de erudición de la ciencia estudiada” (23,14).

El relevante lugar que ocupan los seminarios y sus fines en el curso de Física para la especialidad de Biología, se expresan en el programa de la disciplina (anexo 6). En correspondencia con esto, de las 80 horas de la disciplina se dedican, como mínimo, 20 horas, el 25%, a la realización de los seminarios. El curso de Física es complejo porque aborda conocimientos que abarcan desde la mecánica hasta la óptica. Por su carácter generalizador, los seminarios son una vía para resolver en cierto grado esta dificultad.

Por su contenido, los seminarios integradores difieren de los seminarios tradicionales de Física. El estudiante, al prepararlos, debe ante todo estudiar y comprender los conceptos, leyes y métodos de la Física y además, trabajar con la literatura de su especialidad para encontrar la aplicación de aquellos en la explicación de leyes, fenómenos y procesos del mundo viviente.

Los seminarios integradores se realizan, fundamentalmente, mediante el método heurístico y tienen un carácter problémico (Buzón M. 1997, Martínez M. 1998). Las cues-

tiones planteadas a los estudiantes conducen a la integración, a la generalización y aplicación de los conocimientos, que han sido objeto de estudio para la solución de las anteriores tareas.

En las guías para la preparación de los seminarios se orientan las tareas a resolver y la bibliografía básica de trabajo. Se admite y se alienta la inclusión de temas nuevos o alternativos. A los estudiantes aventajados se les estimula para que preparen intervenciones especiales con temas que por lo regular ellos mismos proponen.

Los estudiantes tienen que acudir a fuentes bibliográficas que constituyen la "Bibliografía mínima de trabajo" (anexo 7) utilizada en el curso y que comprende, además de textos de Física, los textos de Biología de la enseñanza media, libros especializados y de divulgación científica. *Se indica a los estudiantes la utilización prioritaria de los textos de Biología de la escuela media, como vía de familiarización con su futuro trabajo profesional.*

Esta bibliografía no es una camisa de fuerza, se estimula la búsqueda de otras fuentes y la presentación de información novedosa afín al tema que se trata. Considerando las diferencias individuales, se sugieren artículos seleccionados de revistas especializadas como Scientific American, Nature, La Recherche y sus versiones en idioma español. También se utiliza la bibliografía de la asignatura Adolescente y su Desarrollo, otra arista de la relación interdisciplinar de este sistema de tareas.

La bibliografía es una de las mayores dificultades que se presentan y que se agudiza cada vez más, dada la difícil situación que confronta nuestro país en el área editorial y para la adquisición de información actualizada; en las dificultades de acceso a ella y en la dispersión y deterioro de la disponible. Esta dificultad es paliada hasta cierto punto por la cooperación colectiva. Los estudiantes y el profesor buscan información y bibliografía de acuerdo a sus posibilidades. También se consigue fotocopiar algunos de estos materiales o copiarlos en disquetes para su reproducción, los que se ponen a disposición del colectivo.

Los seminarios integradores cumplen una importante función de retroalimentación y de control de la actividad de los estudiantes. En ellos se comprueban los conocimientos adquiridos, los niveles de integración y generalización alcanzados y la capacidad de los estudiantes para relacionarlos con su especialidad. Durante ellos se valora también el desarrollo en los estudiantes de habilidades, actitudes, valores y capacidades para el trabajo independiente.

Coincidimos con Buzón (1997) en que la función de control de los seminarios permite analizar:

- el grado de apropiación del contenido durante el estudio independiente,
- el dominio de los métodos de investigación,
- el desarrollo de las habilidades en la redacción de un material (resumen, informe, ponencia),
- la calidad de la exposición de los estudiantes:
 - dominio de la terminología científico-metodológica,
 - capacidad para analizar los aspectos esenciales del un fenómeno,
 - capacidad de sintetizar lo asimilado;
- la calidad de las intervenciones:
 - papel que desempeña el estudiante en relación con el grupo,
 - evolución del estudiante durante el seminario y en comparación con el resto de los seminarios,
 - profundidad y sistematicidad de los conocimientos,
 - grado de transformación de los conocimientos en convicciones,
 - grado de independencia de los criterios expuestos,
 - dialéctica del pensamiento, capacidad para, según la evolución de los fenómenos y de la discusión, establecer la relación entre los aspectos aparentemente aislados,
- la efectividad de la dirección del profesor” (23,29).

La evaluación de estos aspectos es realizada por el colectivo. Los estudiantes se autoevalúan y dan su criterio sobre la actividad de sus condiscípulos. Se realzan las intervenciones más destacadas. Al evaluar integralmente cada seminario, se destacan los aspectos positivos y las deficiencias que hay que superar, individuales y colectivas, para los próximos seminarios. Los estudiantes hacen una valoración del significado de los seminarios para su desarrollo profesional y hacen sugerencias para su perfeccionamiento (Perera F. 1996).

En correspondencia con los principios sobre los que se basa el curso, el diseño y aplicación del sistema evaluativo tiene en cuenta los criterios de los estudiantes. En este sentido, resultan de extraordinaria vigencia las ideas de José de la Luz y Caballero (1800-1862): “No es posible graduar hasta qué punto llegarían los alumnos, cuando a cada paso estén tocando que sus progresos son la obra de sus manos; desaparecen los estorbos como por encanto, cuando el dedo de la experiencia les señala a cada instante las conquistas que alcanzan por sí mismos” (49,116).

La evaluación comprende todo el proceso de enseñanza aprendizaje, reflejando el desarrollo integral de los estudiantes. “La evaluación de manera natural en el proceso didáctico tiene que abarcar al alumno como ser que está aprendiendo. Por eso es globalizadora de toda su personalidad, holística (abarca todo)” (86, 387).

Es sistémica y sistemática (Álvarez C. 1994, Álvarez R.M. 1998, Gimeno J. y Pérez I. 1994, Gil D. 1998). *La evaluación es facilitada por el carácter de dirección y de control de la actividad de los estudiantes inherentes al propio sistema de tareas.*

La evaluación sistemática es utilizada como una de las vías para incidir positivamente en el proceso de enseñanza aprendizaje, para estimular la actividad de los estudiantes como sujetos de su propio aprendizaje, el trabajo independiente y el colectivo y la creatividad de los estudiantes. También favorece el desarraigo del aprendizaje reproductivo y memorístico.

La evaluación es utilizada para eliminar en los estudiantes el temor a equivocarse, ya que tienen la oportunidad de rectificar los errores que puedan cometer en la presentación de los resultados de su actividad, al igual que sucede en la actividad científica. *Esto estimula su constante superación.*

La evaluación es además actitudinal y procedimental, comprende tanto el cumplimiento de las tareas como la calidad del trabajo desplegado por los estudiantes para lograrlo, las dificultades confrontadas y las medidas para erradicar las deficiencias. Este análisis se basa en la valoración que hacen los propios estudiantes acerca de su desempeño individual y colectivo, conjuntamente con el profesor. Los estudiantes sugieren qué aspectos deben incluirse en las evaluaciones parciales y sobre las características de las preguntas de los temarios. Estas evaluaciones contemplan situaciones que requieren respuestas de aplicación y de síntesis interdisciplinarias. “...las nuevas formas de evaluación no tradicionales reclaman la necesidad de una mejor comunicación con el alumno y de considerar la discusión y la negociación de la misma, pues se trata a veces de evaluar cualidades de difícil acceso” (86, 389).

Los estudiantes conocen desde el inicio del curso la posibilidad de la convalidación y de la realización de los exámenes de premio. Consecuentemente, existe un grupo de estudiantes que despliegan una peculiar actividad dirigida hacia este objetivo. Este grupo, por lo general, va incrementándose paulatinamente. Este comprende no solo a los estudiantes más aventajados, sino también a los que lo logran con un mayor esfuerzo.

Como el curso se desarrolla mediante la sistemática exposición y discusión, los estudiantes llegan a preferir la evaluación oral a la escrita. Por esta razón la mayoría solicita que se les permita realizar su examen final acogidos a esta variante. *Este es un importante indicador del cambio operado en los estudiantes, puesto que al inicio del curso se declaran incapaces de enfrentarse a la realización del sistema de tareas que se les propone y mucho menos de expresar sus ideas y conocimientos en los seminarios integradores.*

La solicitud de los estudiantes es aceptada de acuerdo a su trayectoria y actitud durante el curso y a las posibilidades que hayan demostrado para rendir el examen exitosamente, fundamentalmente el haber superado la mera reproducción de los conocimientos.

El examen oral consiste en la defensa de un trabajo, cuyo tema es propuesto por el estudiante o sugerido por el profesor. Este tema debe reflejar la aplicación de la Física a la Biología o a otra esfera de la vida. Desde el punto de vista profesional, los estudiantes deben exponer la vinculación de estos temas con la enseñanza en la escuela y sus criterios sobre cómo tratarlos metodológicamente. El trabajo tiene la forma de informe de investigación.

Entre los temas presentados y defendidos por los estudiantes en el curso 1998-1999 se pueden citar: "Ejemplos básicos de la Biomecánica"; "Bases Físicas de la teoría coheso-tenso-transpiratoria"; "Algunas aplicaciones de la ley de conservación de la energía a los procesos fisiológicos"; "Utilización de la electroterapia" y "Oscilaciones y ondas en la naturaleza".

Para su preparación los estudiantes, altamente motivados, despliegan una gran actividad investigativa, durante la que consultan no solamente bibliografía especializada, sino también a los profesores de su carrera y a otros especialistas, tales como médicos, ingenieros, botánicos y fisiólogos. El profesor controla y orienta esta preparación y su resultado, en distintos encuentros antes de la fecha de la defensa.

La defensa tiene lugar, con todos los requerimientos de un examen oral, ante un tribunal formado por profesores de Física y de Biología *que evalúa también el desarrollo de habilidades profesionales* en los ponentes. Para su exposición los estudiantes elaboran y presentan medios audiovisuales, tales como maquetas, pancartas y retrotransparencias.

Como parte del proceso de evaluación, los estudiantes tienen la oportunidad de evaluar la actividad del profesor y *valoran continuamente el significado que tiene el curso*

de Física para su desarrollo intelectual y profesional. Los estudiantes y el profesor evalúan continuamente la marcha del proceso enseñanza aprendizaje con vistas a su permanente perfeccionamiento.

8. Elaboración de los materiales docentes apropiados.

Una de las serias dificultades que debe encarar cualquier intento para introducir la interdisciplinariedad lo constituye la falta de materiales docentes apropiados. Su confección es bastante laboriosa, compleja y difícil, porque exige una preparación interdisciplinar de los autores. Por otra parte, deben corresponderse con los núcleos integradores en torno a los cuales se establecerá la relación interdisciplinar, con los objetivos que se persiguen y con el contexto de su aplicación, entre otros factores a considerar (Taba H. 1974, Torres J. 1994, Gimeno J. y Pérez I. 1992, Perera F. 1995).

Para desarrollar el curso de Física que aquí analizamos no existe bibliografía adecuada. La que pudiera acercarse a la satisfacción de sus necesidades no está disponible. Fue necesario utilizar los libros clásicos de Física, en sus viejas ediciones (Resnick-Halliday D. 1967, Grabovski R.I. 1985) para el estudio de los conocimientos físicos y buscar sus aplicaciones y relaciones con la Biología y con la vida en una literatura dispersa y más escasa, en tanto más actualizada.

Por estos motivos fue preciso, como una de las acciones de la metodología, elaborar los materiales de trabajo para los estudiantes. Estos contienen las tareas que conforman el sistema y constituyen una guía para el estudio y para la preparación de los estudiantes para resolverlas. Estos materiales docentes son dos: “Selección de tareas de Física para estudiantes de Biología” y “Guías para la preparación de los seminarios integradores” (anexos 8 y 9).

La “Selección de tareas de Física para estudiantes de Biología” lo conforman preguntas y problemas que fueron elaborados por nosotros o seleccionados de distintos textos, algunos de estos modificados en correspondencia con los objetivos y funciones del sistema de tareas interdisciplinar-profesional, ya expuestos. Durante su continuo perfeccionamiento y actualización, se han incluido también situaciones problemáticas

elaboradas por los estudiantes, puestos en el papel de profesores, en cumplimiento de una de las tareas opcionales que se les proponen.

Las tareas en cada tema están agrupados en:

- Preguntas de consolidación.- Dadas las características de los estudiantes, su objetivo es servir de orientación y de comprobación del estudio independiente.
- Ejercicios propuestos.- Entre ellos se distinguen:
 - Ejercicios típicos, que presentan distintas situaciones del objeto físico y cuya solución requiere de la aplicación de modelos y de métodos físico-matemáticos que son utilizados en la Biología. Estos sirven para fijar y comprobar los conocimientos físicos fundamentales, como premisa para su integración, generalización y aplicación posterior.
 - Tareas que presentan situaciones problémicas, vinculadas con los seres vivos o con problemas de las relaciones entre las ciencias. Estas tareas promueven y orientan la búsqueda de información en la literatura especializada o de divulgación científica, con especialistas u otras fuentes y su posterior procesamiento y comunicación.

Como ya se ha analizado, favorecen la integración de contenidos y su transferencia. Para su solución, los estudiantes aplican los conceptos, leyes y métodos de la Física, estableciendo los vínculos entre la Física y la Biología, mediante la actividad investigativa que lo conducen a familiarizarse con los métodos de la ciencia y con el objeto de su profesión.

Tareas de ampliación: son tareas de mayor complejidad, que requieren de la profundización de los aspectos tratados o de su vinculación con otros importantes, pero que por falta de tiempo no son abordados. Algunos de ellos se discuten en los seminarios integradores. Este tipo de tarea contempla las diferencias individuales de los estudiantes.

Las cuestiones tratadas en este capítulo pueden resumirse en lo siguiente:

- Para encontrar una respuesta a la necesidad de dar una formación interdisciplinar a los profesores de ciencias y resolver el problema de cómo diseñar y desarrollar la enseñanza aprendizaje de la Física de modo que contribuya a dicha formación, fue elaborada y aplicada una metodología denominada *interdisciplinar-profesional*.
- Esta metodología cumple con una serie de exigencias generales, que se plasman en la práctica docente mediante un conjunto de acciones. Las mismas se explican

detalladamente en el cuerpo del capítulo. Estas exigencias constituyen, conjuntamente con las acciones desplegadas para su aplicación, los rasgos distintivos que determinan sus diferencias cualitativas con respecto a otras metodologías que se utilizan en la enseñanza de la Física para la formación profesional. Su adopción implica un cambio en las concepciones metodológicas anteriores y un abandono de las ideas de sentido común en la enseñanza aprendizaje de las ciencias.

- Dado que la introducción de la interdisciplinariedad, como problema pedagógico, no es lineal, sino multifactorial, compleja y difícil, esta propuesta no debe asumirse ni como una secuencia lineal de acciones, ni como una receta. Debe analizarse dialéctica y contextualizadamente.
- El rasgo principal del desarrollo del curso de Física interdisciplinar-profesional radica en la actividad de los estudiantes, caracterizada por la realización de un sistema de tareas. Resulta importante el criterio de Fernández M. (1994) de que la solución de situaciones problemáticas y tareas prácticas son favorecidas “por un diseño curricular que ha incorporado a su sustancia más medular y organizativa la interdisciplinariedad” (64,543). Esta ventaja también es advertida por Taba H. (1974) y Gimeno J. y Pérez A.I. (1992).
- El diseño y realización de sistemas de tareas o actividades es una de las tendencias contemporáneas de la Didáctica de las Ciencias, como una de las formas más efectivas de enseñanza aprendizaje. El diseño del sistema de tareas interdisciplinar-profesional diseñado y aplicado consta de tareas cuyo enunciado direcciona la ejecución de la relación interdisciplinar entre la Física y la Biología, así como la aplicación de métodos de trabajo científico, potenciando el método de trabajo interdisciplinar.
- El contenido de las tareas de este sistema está vinculado con los intereses cognoscitivos y profesionales de los estudiantes y exigen la participación comprometida de los mismos, basada en la actividad investigativa orientada por el profesor.
- El sistema de tareas interdisciplinar-profesional está contextualizado en el proceso de la enseñanza superior y más específicamente, en el de la formación profesional pedagógica. Es por eso que presenta rasgos particulares, además de los rasgos generales para los sistemas de tareas, reconocidos por los distintos autores.
- Uno de los rasgos distintivos más importantes del sistema de tareas interdisciplinar-profesional son los seminarios integradores, que son las tareas más complejas del sistema y ejemplos de síntesis interdisciplinar.

- La configuración, el desarrollo y la evaluación del sistema de tareas interdisciplinar-profesional favorece en los estudiantes:
 - Asumir una actitud reflexiva y crítica ante la ciencia y sus repercusiones éticas y sociales, particularmente ante la Física y la Biología.
 - Desarrollar una forma de pensar y de actuar interdisciplinarias, con todas las implicaciones que de ellas se derivan.
 - Asumir una posición de investigadores. En este caso queremos señalar que dentro de la actividad científica incluimos aquella que despliega *el profesor como investigador e innovador de su contexto de actuación profesional* (García J. y Castillo C. 1994).
 - Descubrir por sí mismos, durante su actividad independiente, la importancia del conocimiento de la Física para los profesionales vinculados con las ciencias biológicas, así como fundamento para el desarrollo y aplicación de modernas tecnologías y para la explicación de procesos y fenómenos de la vida, lo que produce un cambio en sus actitudes hacia el estudio de la Física (Perera F. 1995).
 - La familiarización con la bibliografía de su especialidad, de nivel medio y superior, lo que constituye otra contribución de la disciplina Física a la integración de los componentes académico, investigativo y laboral del proceso de su formación profesional.
 - Familiarizarse con los conocimientos biológicos, en la medida que aprenden Física.
 - Desarrollar habilidades profesionales relacionadas, entre otras, con la comunicación interpersonal; la búsqueda y actualización de información; la contextualización, la integración y la aplicación de los conocimientos (Álvarez 1998).
 - El desarrollo de su independencia cognoscitiva (Martínez M. 1999).
 - La formación de normas de conducta y de valores, como la laboriosidad, la responsabilidad, la tenacidad, la solidaridad y la honestidad.
- La aplicación de la metodología interdisciplinar-profesional tiene como resultado un curso de Física distinto a los que le antecedieron. Sus características y diferencias con otros cursos serán tratadas en el siguiente capítulo.

- El carácter interdisciplinar del curso de Física planteó la necesidad de utilizar, como parte de su bibliografía, textos de Biología de la enseñanza superior y de la escuela media y literatura de divulgación científica. Fue preciso elaborar especialmente los materiales docentes del curso, para la orientación y el trabajo de los estudiantes para la realización del sistema de tareas.
- Consideramos que las exigencias en que esta metodología se sustenta ofrecen la posibilidad de su generalización y aplicación en otros contextos de la formación profesional, con sus correspondientes adecuaciones.
- La metodología interdisciplinar-profesional podría ser un referente o una fuente para las transformaciones que, basadas en el enfoque interdisciplinar de la formación profesional de los profesores y de su superación de postgrado, deben ocurrir en los institutos superiores pedagógicos, en correspondencia con las exigencias que dicta nuestro tiempo y los necesarios cambios que están ocurriendo en la escuela media cubana.

3. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA INTERDISCIPLINAR-PROFESIONAL

Para entender de verdad una ciencia no basta estudiarla. Es preciso, además, necesitarla, preocuparse espontánea y verdaderamente por sus cuestiones, por sus métodos, por "sus otras respuestas".

J.Ortega y Gasset

3.1. Puesta en práctica de la metodología interdisciplinar-profesional

Para mostrar la aplicación de la metodología interdisciplinar-profesional durante el desarrollo del curso de Física, se toman como muestras dos de los temas cuya selección se fundamenta en criterios técnicos. Estos temas son: Dinámica y Campo Eléctrico.

El tema Dinámica constituye la base del estudio de la Física Clásica y de un curso de Física General. En él se estudian las leyes del movimiento mecánico y de gravitación universal formuladas por Isaac Newton, las que revolucionaron las ciencias y el conocimiento del hombre sobre la naturaleza, a la vez que sentaron las bases de la Física moderna. Sus conceptos, leyes, métodos y modelos son aplicados en el estudio del movimiento de los seres vivos (Biomecánica) y para la explicación del funcionamiento de determinados órganos y de fenómenos o procesos biológicos. Desde el punto de vista metodológico es el primer tema del curso donde se comienza a aplicar la metodología y los estudiantes se encuentran con otra forma de aprender la Física.

El tema Campo Eléctrico resulta básico también en un curso de Física General. Con él se inicia el estudio de la interacción electromagnética, de suma importancia para la Biología y para el desarrollo de la ciencia y de la tecnología contemporáneas. Baste señalar que uno de los conceptos fundamentales para esta ciencia es el de potencial eléctrico, base para la explicación, entre otros, de ciertos procesos en el nivel celular y de la generación y propagación de los impulsos nerviosos. Estos procesos y fenómenos son explicados por los profesores de Biología de la escuela media. Ya en este tema los estudiantes han desarrollado hasta cierto punto habilidades para el trabajo científico, se encuentran motivados y muestran confianza en la actividad que despliegan.

Para una mejor comprensión de la explicación, y para evitar repeticiones, es necesario que se consulten los materiales de estudio elaborados para el curso: la Selección de tareas de Física para estudiantes de Biología y las Guías para la preparación de los seminarios integradores (anexos 8 y 9). También el programa, donde aparecen los objetivos de cada tema (anexo 6), además de la tabla 2 en el anexo 10. *Esta tabla*

muestra en qué tarea(s) se manifiestan las relaciones fundamentales Física-Biología objeto de investigación y de análisis por los estudiantes.

3.1.1. Desarrollo de la metodología interdisciplinar-profesional en el tema Dinámica.

Al presentar el tema se discute su importancia para la Biología y la repercusión de las leyes de Newton en el desarrollo de la ciencia y del conocimiento del hombre sobre la naturaleza. Los estudiantes, cuando resuelven la primera tarea del tema, profundizan en este aspecto y se informan también sobre cuál es su relación con la enseñanza de la Biología en la escuela media. En las conferencias se presentan y discuten las leyes de la dinámica, sobre la base de los conocimientos que de estas tienen los estudiantes. En estas se indica una de las tareas más simples del sistema, en la que el estudiante debe establecer la relación de cualquiera de los conocimientos del tema con la Biología. Esta información debe acompañarse de la ficha bibliográfica. Se sugiere presentarla de la forma siguiente:

Concepto	Aplicación a la Biología	Bibliografía
Velocidad	Velocidad del flujo sanguíneo En la aorta: 20-85 cm/s En arteria pulmonar: 36-69 cm/s En capilares: 0,5-0,8 cm/s	A.C.Guyton. Tratado de Fisiología Médica.T.I Edit.P y Educ. La Habana.1977 Pag.250-254.

Esta información es utilizada oportunamente en el resto de los temas, por ejemplo, en el tema Fluidos, para discutir la aparente paradoja de los valores de la velocidad de la sangre en la aorta y en los vasos capilares. Se retoma el concepto de velocidad, vinculándola también con los métodos para su medición en la sangre (invasivos o no), mediante Efecto Doppler o de la acción del campo magnético sobre los iones en la sangre, que los estudiantes deben investigar para resolver las tareas en los respectivos temas. Esto es uno de los ejemplos de la articulación de los conceptos, leyes, métodos y modelos en los distintos temas a lo largo de todo el curso (vinculación intradisciplinar).

A continuación se presenta el esquema de la metodología para este tema que puede servir como apoyo a la explicación que se dará a continuación.

METODOLOGÍA INTERDISCIPLINAR-PROFESIONAL EN EL TEMA DINÁMICA



Se discuten los *modelos de partícula y de campo gravitatorio*. El *modelo de sólido rígido y los sistemas acelerados* se abordan mediante las discusiones de las tareas y en el seminario integrador. Se dan a conocer los tipos de interacción en la naturaleza para establecer, brevemente, las comparaciones entre ellos. Los estudiantes deberán investigar cómo estas interacciones se manifiestan en los sistemas biológicos.

Al analizar el modelo de partícula se plantea como tarea el siguiente problema: *¿Puede una célula, bajo ciertas condiciones, ser considerada una partícula?* Los estudiantes formulan las posibles hipótesis y se discuten las posibles vías para obtener la respuesta.

Se les orienta la bibliografía de referencia y, preferiblemente, indagar entre los profesores de Biología, médicos u otros especialistas. Con esto se provoca que los estudiantes encuentren diferentes criterios, en dependencia de la fuente consultada y los confronten. Por ejemplo, aquellos que consulten a un fisiólogo tendrán una respuesta negativa y los que por el contrario consulten a un técnico laboratorista obtendrán una respuesta positiva.

La aparente contradicción se resuelve mediante la discusión, cuando se contrastan las distintas posiciones y se esclarece, a la luz del modelo, que para el fisiólogo las formas y dimensiones de las células son importantes, por lo que las mismas no pueden ser consideradas partículas. En cambio, en otras situaciones, como es el caso de ciertos estudios hemodinámicos (laboratorista), la célula puede ser considerada como partícula cuando se determina por ejemplo, la cantidad de eritrocitos por campo o se desea medir la velocidad de la sangre.

Se discute asimismo el significado que tiene la utilización de este modelo. A partir de aquí se analizan otros casos, como por ejemplo, bajo qué condiciones durante el estudio de los movimientos de un deportista este puede ser considerado partícula y cuándo no, lo que involucra al concepto de *centro de gravedad* y otros que estudia la *Biomecánica*. Se analiza además su utilización en la *Química*. En los temas subsiguientes se retoma, necesariamente, la discusión del uso del modelo de partícula en la Física y en otras esferas del saber y se amplían los ejemplos de su utilización en la Biología.

Sobre las leyes de Newton se plantean, en relación con su aplicación y con los conceptos que les son inherentes, tareas como las siguientes:

- Encuentre en la literatura de la especialidad el tratamiento que se hace del término “masa” y compárelo con la definición dada por la Física.

Este tipo de tarea se repite en los distintos temas. Uno de sus objetivos es discutir, a partir de ejemplos concretos, acerca de las consecuencias de la fragmentación del saber en el campo científico y en la enseñanza de las ciencias, que traen la incomunicación y alejamiento entre los especialistas y que los estudiantes asuman una actitud crítica ante esto.

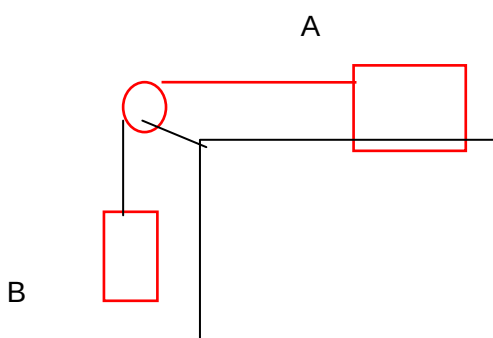
- Analice en la bibliografía orientada las diferencias entre contracciones isotónicas y contracciones isométricas. Identifique los conceptos físicos presentes. Explíquelos. Explique el papel que dichos conceptos desempeñan en el establecimiento de tales diferencias.

Este es el tipo de tarea en la que el estudiante debe encontrar la aplicación de los conceptos y leyes de la Física, como fundamento de la explicación de cuestiones biológicas.

Para la realización de estas tareas el estudiante debe iniciar la actividad investigativa y el trabajo con las fuentes bibliográficas y de otro tipo para la búsqueda y procesamiento de la información.

En las clases prácticas se proponen y resuelven primeramente ejercicios “clásicos” y después los de aplicación (ver Selección de tareas de Física para estudiantes de Biología).

Se resuelve, por ejemplo, el clásico problema de la determinación de la aceleración para el sistema formado por dos cuerpos A y B como el de la figura:



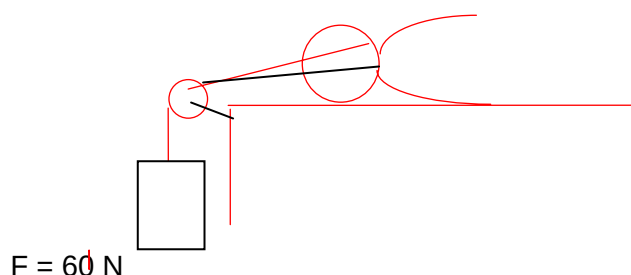
Para su solución se aplica el *método dinámico* que es empleado por la Biología, como los estudiantes descubrirán en ulteriores tareas más complejas, para el análisis de fuerzas en el estudio del sistema óseo-muscular, entre otras aplicaciones.

A continuación se plantea otra tarea similar, pero plantea un problema en el campo de la terapéutica médica y de mayor grado de complejidad, cuya solución requiere la aplicación de este método. Su solución se realiza mediante la discusión colectiva. Esta

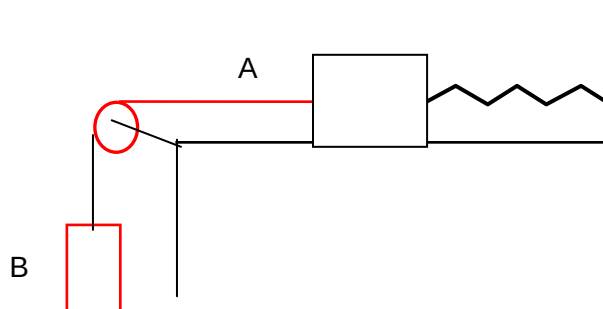
es una de las primeras tareas mediante la cual el estudiante comienza a pensar “físicamente” y a cambiar su imagen sobre el carácter abstracto de los problemas de la Física.

El cuerpo A de la tarea anterior es sustituido por la cabeza y tórax de una persona, representando una instalación utilizada para el tratamiento de artrosis en la cervical. Se solicita analizar las fuerzas que actúan sobre los cuerpos, (en el caso A, sobre las vértebras) y discutir por qué tal sistema se utiliza como medio terapéutico, sus posibilidades y limitaciones. El problema es el siguiente:

La instalación de la figura se utiliza para el tratamiento de artrosis en la región cervical (las siete vértebras del cuello). a) ¿Cuál es la tensión T que actúa sobre las vértebras del cuello? b) Aplicando la tercera ley de Newton, represente en un esquema las fuerzas que actúan sobre las vértebras cervicales del paciente. c) ¿Por qué esta fuerza no se transmite al resto de la columna vertebral? d) Explique a manera de resumen, en qué consiste este tratamiento. La fuerza de fricción entre la cabeza y la mesa es de 7,5 N.



Se discute qué consideraciones han de hacerse para poder sustituir al paciente por un modelo mecánico, que es propuesto por los estudiantes, como resultado de la discusión, bajo la guía del profesor. Este modelo es más complejo, puesto que hay que considerar las propiedades elásticas del cuello de la persona y que esta no se desplaza. Esto implica resolver un problema distinto al anterior. El modelo mecánico es el siguiente:



Para resolver el problema se aplican las leyes de Newton y se analiza el papel de las fuerzas de fricción y elástica. La respuesta del inciso c requiere estudiar la acción de la fuerza de rozamiento que actúa entre la espalda del paciente y la superficie sobre la que yace. La discusión de la utilización de esta instalación como tratamiento terapéutico provoca el planteamiento de nuevos problemas. Para responder el inciso b, los estudiantes deben representar y analizar, en un esquema de la región cervical de la columna vertebral, la acción de las fuerzas de tracción, aplicando la tercera ley de Newton.

Este es, virtualmente, un problema de Biomecánica, en el que se revela a los estudiantes lo incorrecto de aplicar mecánicamente a los seres vivos las leyes de la mecánica. Se hace patente, en esta y en las subsiguientes discusiones, la necesaria introducción de elementos de Biomecánica, al aplicar las leyes y conceptos de la mecánica, considerando las peculiaridades de los seres vivos.

Nótese que tanto el enunciado de esta tarea, como su solución, proporcionan a los estudiantes conocimientos biológicos, mediante el establecimiento de los vínculos con la Física. Esta es, insistimos, una característica general de todas las tareas de este sistema, como veremos en el resto de los ejemplos.

La tarea expuesta forma parte del Sistema de Actividades del curso premédico de Física de la Escuela Latinoamericana de Medicina, en cuya elaboración este autor participó.

Entre las tareas en que se aplica el método dinámico se encuentran otras como esta: La fuerza F ejercida por el músculo deltoides sobre el húmero cuando el brazo se sostiene en posición horizontal forma un ángulo de 15° con éste (se da la figura). Su módulo es 30 kgf. a) Calcule el valor de sus componentes horizontal y vertical. b) Investigue qué función desempeñan c/u de estas componentes para mantener el sistema en equilibrio.

Para su solución se requiere la utilización del *modelo de sólido rígido*, que se discute aquí y el concepto de *momento de una fuerza*. En este ejercicio se aplica la Física al estudio de la *relación ósteo-muscular*. *Esta relación será estudiada por los estudiantes en la disciplina Fisiología y Anatomía y como profesores deberán explicarla en la enseñanza media.*

La unidad de la fuerza en esta tarea se expresa en kilogramo-fuerza, para que se haga la conversión al sistema internacional de unidades (SI), atendiendo a que en la

literatura biológica se utiliza en ocasiones otros sistemas de unidades, como el sistema inglés.

Otro problema biológico, relacionado con una situación común que de alguna manera u otra todos hemos experimentado y que se vincula con la *influencia del campo gravitatorio de la tierra sobre los seres vivos* es el que se refiere al funcionamiento del aparato vestibular y se resuelve aplicando las leyes de Newton, principalmente, el concepto de inercia. Este problema es el siguiente:

La primera ley de Newton en la cabeza: Una persona que da vueltas o sufre una afección en el oído tiene, por lo general, dificultades con su orientación, debido a que en el oído interno se encuentra el aparato vestibular, que es el que realiza esta función. La explicación de su funcionamiento está basada en la primera ley de Newton y se utiliza para ello un modelo mecánico. Indague cómo está constituido y cómo funciona el aparato vestibular y compruebe y amplíe esta información. (Puede consultar el libro Física Médica y Biológica de A. Rémizov. Editorial MIR, 1991).

Los estudiantes deben explicar el funcionamiento del aparato vestibular a partir de analizar su *modelo mecánico*: un cubo en cuyo centro se encuentra una esfera conectada a cada una de sus paredes a través de resortes que, debido a su inercia, detectan las aceleraciones lineales y angulares que pueda experimentar el cubo. (126,131). Se analiza que este modelo es la base también del funcionamiento de instrumentos de navegación y orientación en aviones y naves espaciales.

Seguidamente explican las principales partes constitutivas fundamentales del órgano y establecen la comparación con el modelo. En el aparato vestibular los llamados canales semicirculares responden a la aceleración angular y el utrículo a la aceleración lineal y a la *posición con relación a la fuerza de gravedad* que son los estímulos a los que responde (Coro F. y Otazo E. 1982, Guyton A. 1984).

La aplicación de la Física no termina aquí, ya que al comprender el papel que desempeña la *inercia* en el funcionamiento de este órgano se plantean otros problemas más complejos. Por ejemplo, explicar por qué los corredores de campo y pista en la arrancada se inclinan hacia adelante, postura que repiten después, cuando han alcanzado una velocidad constante, pero ahora por otras razones, explicadas también por la Física y que se analizarán en el *tema de fluidos*.

Surge en estas explicaciones el término “*mecanorreceptores*”, que son los *biorreceptores* que detectan el movimiento mecánico de los seres vivos y que da lugar a plantear una nueva tarea: *clasificar los biorreceptores atendiendo al tipo de energía que porta el*

estímulo que detectan. Esta tarea se discutirá en el seminario integrador del tema Trabajo, potencia y energía.

Los estudiantes profundizan en las aplicaciones, como es la función predictiva del aparato vestibular, que explica por ejemplo, por qué los futbolistas y basquetbolistas, bien entrenados, pueden ejecutar giros y movimientos bruscos sin perder el equilibrio. Este es un aspecto que pertenece a la *Biomecánica Deportiva*.

Al examinarse cómo el aparato vestibular responde ante los *cambios de postura respecto a la fuerza de gravedad*, los estudiantes pueden resolver otras tareas subsiguientes y que aparentemente no tienen vinculación con el asunto que se discute, como por ejemplo: ¿Por qué cuando el hombre se traslada a campos de gravedad nula pierde su orientación?

En el *análisis metodológico* que se hace con los estudiantes sobre este sistema de tareas, se les va revelando la relación existente entre distintos fenómenos o procesos de la realidad, aparentemente inconexos, cuya explicación se basa en el mismo sistema de conceptos y leyes científicas, por lo que resulta esencial su conocimiento, unido a la posibilidad de integrarlos y aplicarlos, partiendo de una actitud crítica y reflexiva ante los problemas que se les planteen.

Se discuten las características del campo gravitatorio como ejemplo del *modelo de campo conservativo*. En otra tarea los estudiantes deben *comparar la interacción gravitatoria con la electromagnética* y buscar datos acerca de la influencia de estos campos sobre los seres vivos. En las tareas previas al seminario debe investigarse *la influencia de la gravedad sobre los seres vivos*, por ejemplo:

- a) Explique brevemente los distintos tipos de interacción que existen en la naturaleza.
- b) ¿A qué tipo de interacción pertenecen las fuerzas de rozamiento, viscosidad y elásticas.
- c) Ponga ejemplos de estos tipos de fuerza en la técnica y en el campo de la Biología.
- ¿ Por qué una nave orbitada en un planeta, viajando en una zona de gravidez, puede dar la sensación de ingravidez a sus viajeros? (Relacionada con sistemas acelerados).
- ¿Por qué los ritmos del corazón de los animales que se trasladan a un campo ingravido disminuyen? (Relacionada con las leyes de Newton)
- ¿ Por qué los animales bípedos son “hipertensos”?

La respuesta a la última problemática está vinculada con otros conceptos físicos como los de *trabajo y energía y presión hidrostática en los seres vivientes*, que se

discuten en el siguiente tema, como es el caso del cuello largo de las jirafas (Bogdánov 1989).

Queremos nuevamente insistir en que para resolver todas las tareas es necesario:

- dominar los conocimientos físicos,
- familiarizarse con conocimientos básicos de la Biología, mediante la investigación en distintas fuentes de información,
- desarrollar habilidades para integrar estos conocimientos, generalizarlos y aplicarlos,
- exponer y discutir sus conclusiones y criterios.

La realización de estas tareas van preparando al estudiante para las tareas más complejas del seminario integrador.

El *modelo de sólido rígido* y los *sistemas acelerados* se examinan en el seminario integrador, mediante la discusión de determinados problemas, como puede apreciarse en la guía para el seminario “Fuerzas y seres vivos”.

El primero se presenta en el aspecto “Palancas en el cuerpo”, para el cual se orienta la búsqueda de información en el texto de Biología 9o. grado. Los estudiantes en el desarrollo del seminario explican cualitativamente, mediante ejemplos en el cuerpo, la clasificación de los distintos tipos de palanca. Para hacerlo se auxilian de *medios audiovisuales confeccionados por ellos*. En este punto siempre se hace referencia y se explica, como elemento cultural, el porqué del frecuente padecimiento de los deportistas en el llamado “talón de Aquiles” y de dónde proviene esta denominación.

La discusión plantea nuevos problemas, como el de la constitución y función de los tendones. Los estudiantes analizarán las propiedades elásticas de los *tendones* y su *modelo biomecánico*, el resolver las tareas sobre la ley de conservación de la energía mecánica.

El análisis de fuerzas en los *sistemas acelerados* se hace a través del aspecto “Acción de las grandes aceleraciones sobre el hombre”. La bibliografía básica, no Física, orientada es el epígrafe “Física de la aviación y el buceo” del “Tratado de Fisiología Médica” (Guyton 1984). Previamente, los estudiantes han resuelto ejercicios seleccionados de los textos de Física sobre fuerzas centrípetas (*looping the loop*), incluido el análisis de lo que significa una fuerza “G” (véase la selección de tareas).

A estos y otros ejercicios se les han hecho modificaciones o se les han agregado preguntas, de manera que el problema técnico que plantean se relacione con la

Biología. Por ejemplo, en los ejercicios anteriormente señalados se pide explicar qué efectos fisiológicos ocasiona la acción de estas fuerzas.

Durante la exposición de los estudiantes en el seminario deben demostrar no solo dominio del contenido físico, sino también el conocimiento de los términos de Biología utilizados. Por ejemplo, al hacer el análisis de hacia dónde es centrifugada la sangre del piloto en los casos de acción de fuerzas “G” positivas o negativas, los estudiantes, al mencionar como resultado la hiperemia o la hipoxia en el piloto, deben explicar, en esencia, en qué consisten estas.

En el seminario integrador los estudiantes deben analizar la influencia del campo gravitatorio sobre los animales y las plantas, lo que se trató en una primera aproximación en tareas anteriores.

Los estudiantes analizan el geotropismo en las plantas y los experimentos para demostrar *el tipo de geotropismo de tallos y raíces*. Algunos hacen la explicación Física de este fenómeno en el nivel celular, basados en el estudio del asunto en los textos de fisiología vegetal, auxiliándose de láminas o esquemas.

Otros, usualmente, traen a colación la existencia del *fototropismo de las plantas*. En ese momento se plantea otro nuevo problema: ¿Cuál es el tropismo que predomina en las plantas, el geotropismo o el fototropismo? Surge así otra cuestión a investigar, cuya respuesta debe darse en función de la explicación física de los experimentos que con tal fin realizan los biólogos y que se revisa en actividades posteriores. El fototropismo en las plantas se discutirá posteriormente como una de las influencias de la luz sobre los seres vivos, en las tareas del tema *Óptica*.

El aspecto sobre la influencia del estado de imponderabilidad sobre los seres vivos provoca que los estudiantes traigan informaciones o inquietudes sobre la exploración del cosmos. Esto promueve la discusión y el intercambio *sobre el desarrollo y el papel de la ciencia en la actualidad* y la motivación para la búsqueda de más información sobre esta temática.

Entre los asuntos que se han incluido en los seminarios de este tema, a solicitud de los estudiantes en distintos cursos, se encuentran: la explicación física de la bursitis en las articulaciones (fuerza de rozamiento y viscosidad); las ventajas del parto en el agua, (donde se aplica el principio de Arquímedes, la acción de la gravedad terrestre y la ley de conservación de la energía) y la explicación dinámica del vuelo de la mariposa, en la que se aplica también la ley de conservación del momento lineal.

3.1.2. Metodología interdisciplinar-profesional desarrollada en el tema Campo Eléctrico

Durante la introducción a este tema se hace evidente a los estudiantes la importancia del mismo para la fisiología celular, orientándose la rememoración por su parte de los contenidos estudiados en la asignatura Biología de los grados 9º (Capítulo 3: Regulación de las funciones) y 11º (Capítulo 3: Fundamentos básicos del nivel celular), en los que resultan básicos contenidos físicos tales como *velocidad, energía, ósmosis, difusión, carga eléctrica, diferencia de potencial eléctrico, corriente eléctrica y gradiente eléctrico*. Este tema precede al estudio del campo electromagnético y sus influencias sobre la vida y sus aplicaciones a la tecnología y a la medicina.

Se presenta y discute *el modelo de partícula eléctricamente cargada o carga puntual y el modelo de campo electrostático uniforme*, haciéndose particular hincapié en el caso del campo electrostático entre dos placas infinitas paralelas, por ser el modelo utilizado para el estudio de los fenómenos de transporte a través de la membrana citoplasmática. Se parangona este modelo con el modelo del campo gravitatorio. Se discute cualitativamente la ley de Coulomb y se presentan *ejemplos del papel de las fuerzas electrostáticas en la explicación de modelos y fenómenos de la Biología Celular*. Se plantea como tarea buscar otros ejemplos, principalmente en los *textos de Biología de la escuela media*.

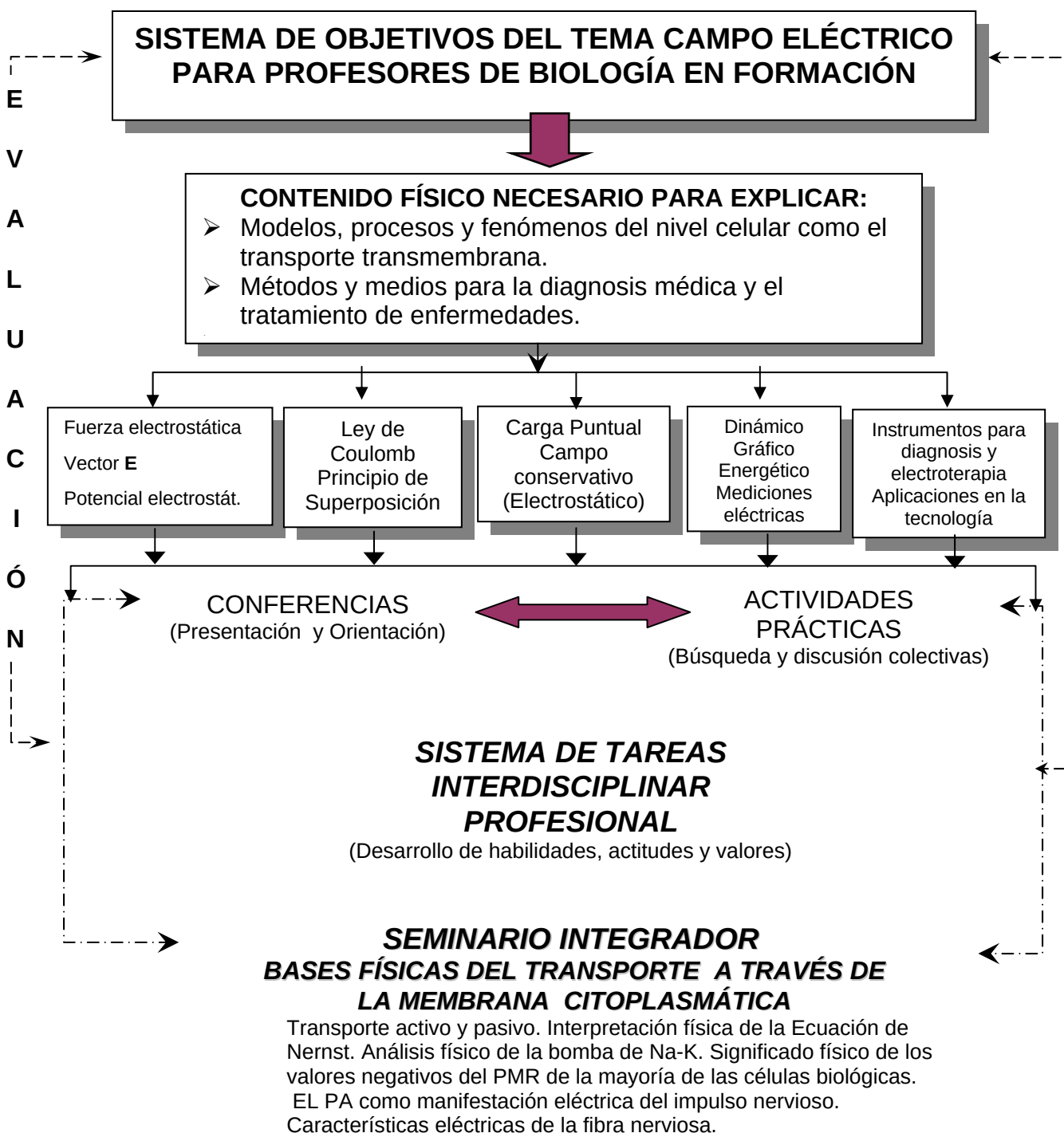
Se explica la *diferencia de potencial* como característica energética del campo electrostático y se discute el *carácter conservativo* de este último. Se discuten algunas de las razones por las que este concepto es uno de los más importantes para la Biología. Se analizan distintos ejemplos. Se plantea como tarea encontrar valores de diferencia de potencial en el campo de la Biología y explicar el significado de los mismos. Otra tarea es estudiar en los libros de esta especialidad y de medicina la técnica del electrocardiograma y su relación con los conocimientos del tema. Esto incluye también el análisis vectorial de fuerzas.

Finalmente se analiza cualitativamente la relación entre el *vector intensidad de campo eléctrico y el potencial electrostático*. Para la relación diferencial es preciso conocer el concepto de gradiente de una función escalar, que la asignatura de Matemática presentó en el primer semestre. Este concepto fue aplicado anteriormente en el tema de fluidos, en el que los estudiantes analizaron *los gradientes de presión y de velocidad* y lo aplicaron durante el examen de problemas biológicos.

Otra de las tareas consiste en indagar el tratamiento que hace la Biología del modelo de gradiente, análogamente a lo que se hizo con el término “masa” en el tema

Dinámica. Los estudiantes podrán discutir cómo este operador vectorial es asumido por la Biología en sentido opuesto al definido matemáticamente y que utiliza la Física.

METODOLOGÍA INTERDISCIPLINAR-PROFESIONAL EN EL TEMA CAMPO



Se hacen determinaciones cuantitativas del vector $\mathbf{E}$ y del potencial electrostático, fundamentalmente en campos electrostáticos entre placas paralelas cargadas con cargas eléctricas de diferente signo, presentados *mediante ejemplos reales de membranas citoplasmáticas de determinadas células vegetales o animales*, como puede apreciarse en el sistema de tareas. Se informa sobre las investigaciones en el campo de la *Biónica*, dirigidas a la creación de baterías de pequeñas dimensiones y que almacenen gran cantidad de energía, como ocurre en la membrana citoplasmática (Bogdánov K. 1989, Okuno E. 1980). Otras tareas que relacionan los conocimientos del tema con la práctica son:

- ¿Por qué se unta grasa sobre la piel en el lugar donde se colocan los electrodos para el electrocardiograma?
- Ponga ejemplos del uso del campo eléctrico en el campo de la diagnosis médica y del tratamiento de algunas enfermedades.
- Encuentre ejemplos de valores del campo eléctrico producido en nuestros órganos. ¿Por qué es difícil su detección?
- ¿Por qué razón, vinculada con la detección de sus presas, los tiburones no mueven bruscamente su aleta caudal al desplazarse?
- ¿Por qué razón ciertos elementos electrónicos del circuito de un televisor están protegidos por una caperuza metálica?
- ¿Qué características presentan los llamados “peces eléctricos”? Haga una explicación breve acerca de ellos, desde el punto de vista de la Física.

Todas estas tareas preparan a los estudiantes para la realización del seminario integrador “Bases eléctricas del transporte a través de la membrana citoplasmática” (anexo 9). Los aspectos discutidos en él resultan básicos para la asignatura Biología Celular y Molecular, que estudiarán en 2º año y para la asignatura Fisiología y Anatomía en el 4º año de la carrera. Para su preparación se orienta a los estudiantes consultar y extraer información del texto de 11º grado y de la literatura correspondiente a esas asignaturas. En este seminario participan los profesores de Fisiología.

El *análisis físico de los fenómenos de transporte transmembrana* implica la aplicación de los conceptos de *difusión, ósmosis y de corriente eléctrica, electroconductividad, resistencia eléctrica*, entre otros; de los *métodos energético, dinámico, gráfico y de medición (de diferencias de potencial)*. Se aplican los *modelos de condensador y de campo conservativo*. Se discuten las implicaciones que para la teoría biológica tiene asumir el modelo de campo electrostático uniforme. En esta discusión se aplican, obviamente, los conceptos de trabajo y energía y de fuerza, al examinar los conceptos

de *fuerzas pasivas y activas y potencial de equilibrio del ion*. Se hace el análisis vectorial de *suma de fuerzas* y de *flujos*. Existe vinculación con los contenidos estudiados en *Matemática* y en *Química* (*gradiente de concentración, difusión, ósmosis*), también con lo estudiado en la asignatura *Adolescente y su Desarrollo*.

Se discute el *modelo de impulso saltatorio, basado en las propiedades eléctricas de la vaina de mielina*, para la explicación de la transmisión del impulso nervioso en los animales superiores. Este análisis conduce a otras tareas para comparar las propiedades de la fibra nerviosa desde el punto de vista de la Física, por ejemplo, del hombre, del calamar y de la cucaracha. Esto se vincula con aspectos de *zoología* y de la *evolución de las especies*.

En este seminario se hace un análisis metodológico sobre la vinculación de estos aspectos de la Física y de la Biología en la escuela y se llega a la conclusión, *sobre la base de la experiencia de los estudiantes colocados en posición de profesores*, que en la práctica, de manera general, esta no se lleva a efecto. Los estudiantes llegan a conclusiones, una vez más, sobre lo pernicioso del tratamiento fragmentado de la realidad en el proceso de enseñanza aprendizaje y sobre la necesidad de establecer las relaciones interdisciplinarias.

3.2 Análisis de los resultados

Consideramos que el principal resultado de esta tesis es la metodología elaborada que, trascendiendo los marcos puramente teóricos, es un ejemplo de sostenida aplicación en la práctica de la interdisciplinariedad por parte de profesores y estudiantes.

Su concepción teórica está sustentada científicamente en la sistematización de las ideas sobre la interdisciplinariedad, llevadas al contexto de la formación profesional pedagógica. Todo esto se patentiza a su vez en una serie de resultados que conforman un sistema coherente. Los principales son los siguientes:

1. *Diseño y desarrollo de un nuevo curso de Física con un enfoque interdisciplinar-profesional, diferente a los que le antecedieron, aplicado en la Carrera de Biología de la Licenciatura en Educación.*
2. *Elaboración de los materiales docentes apropiados para el curso.*
3. *Un aumento cuantitativo y cualitativo en los resultados académicos del curso.*
4. *Las transformaciones operadas en la actitud de los estudiantes durante el desarrollo de la metodología.*
5. *Otras aplicaciones y resultados en la práctica pedagógica.*

A continuación se explican más detalladamente estos resultados.

1. Diseño y desarrollo de un nuevo curso de Física con un enfoque interdisciplinar-profesional, diferente a los que le antecedieron, aplicado en la Carrera de Biología de la Licenciatura en Educación.

El nuevo curso de Física está enmarcado en las actuales tendencias de la Didáctica de las Ciencias y responde a la necesidad de introducir la práctica interdisciplinar en sus currículos y proporcionar una formación interdisciplinar a los profesores de ciencias.

Este curso, al basarse en la metodología interdisciplinar-profesional *desde su concepción hasta su evaluación*, se diferencia sustancialmente de los que le antecedieron. Esto se patentiza en sus nuevos objetivos, contenido (conocimientos, habilidades, valores y actitudes), métodos, medios y evaluación. Por estas razones podría llamarse Curso de Física Biológica, Fundamentos básicos de Biofísica u otra denominación afín, para denotar su nueva calidad y diferenciación respecto a los anteriores y a los concebidos desde posiciones disciplinares. Un análisis de los capítulos anteriores puede hacer patentes estas diferencias. No obstante, en la tabla 3 se presenta una comparación entre ambos tipos de curso.

Esta comparación se enriquece si se analiza conjuntamente con la tabla 1 del capítulo 2, que muestra la evolución de las concepciones y características de los distintos cursos de Física para la Carrera de Biología, desde el surgimiento de la Licenciatura en Educación.

También el análisis del programa de la disciplina (anexo 6) contribuye a establecer estas diferencias. En él se puede apreciar en sus objetivos, generales y por temas, la orientación cultural e interdisciplinar-profesional de este curso de Física. Esta concepción se reafirma en sus orientaciones metodológicas generales y se subraya en un apartado especial que aparece en cada tema, donde se señalan o sugieren las vinculaciones que pueden establecerse entre el contenido del tema y la Biología y/o la vida.

2. Elaboración de los materiales docentes apropiados para el curso.

Otro resultado de este trabajo es la elaboración y uso de los materiales docentes apropiados, dirigidos fundamentalmente a lograr la integración de los conocimientos. Por el carácter del curso en el perfeccionamiento de dichos materiales han participado directamente los estudiantes, con los resultados de las tareas cumplimentadas, que han aportado tareas elaboradas por ellos o datos y referencias bibliográficas que han contribuido a la formulación de otras, por citar algunos ejemplos.

Tabla 3. Cuadro comparativo entre el curso de Física interdisciplinar-profesional y los anteriores

	CURSOS ANTERIORES	CURSO INTERDISCIPLINARIO PROFESIONAL
OBJETIVOS	Centrados en los conocimientos. Determinados según el criterio personal de los autores, desde posiciones de la Física. No responden a las necesidades de la formación profesional de los estudiantes.	Derivados del modelo del profesional. <i>Centrados en los estudiantes y convenidos con ellos.</i> <i>Subrayan el carácter cultural de la ciencia y la formación interdisciplinar, como parte de la formación profesional de los estudiantes.</i> <i>Dirigidos a lograr transformaciones conceptuales, en las formas de actuación, en las actitudes y valores.</i> <i>Responden a las tendencias actuales de la Didáctica de las Ciencias.</i>
CONTENIDOS	<i>Enciclopédico, fragmentado, sin vínculos con las necesidades e intereses de los estudiantes.</i> Centrado en los conocimientos. La ciencia como sistema acabado de conocimientos, inmutables, elitista y descontextualizada. Distribución y secuenciación de acuerdo al libro de texto. Nivel matemático por encima de las posibilidades y necesidades de los estudiantes. Solución de problemas cuantitativos. Atención preponderante al cálculo numérico.	<i>Contenidos interdisciplinares.</i> Comprende los conocimientos, habilidades, actitudes y valores de las ciencias. Atención al <i>lenguaje</i> utilizado por las distintas ciencias. Contextualizado y significativo, en función de <i>las necesidades de la formación profesional</i> de los estudiantes. <i>Vinculado con los contenidos de las disciplinas de la Carrera y de la escuela media.</i>
MÉTODOS	Verbalista, de transmisión y recepción. Autoritarismo. Aprendizaje memorístico. Nivel reproductivo.	<i>El estudiante como sujeto de la formación profesional de su personalidad.</i> <i>Familiariza a los estudiantes con los métodos de la actividad científica contemporánea y del profesor en la escuela.</i> En particular con <i>métodos de trabajo interdisciplinar.</i> <i>Dirigido a la integración, generalización y aplicación de los contenidos.</i> <i>Sistema de tareas interdisciplinar-profesional, especialmente diseñado para el curso.</i> <i>Seminarios integradores en cada tema.</i> <i>Relaciones interpersonales dialógicas.</i>
EVALUACIÓN	De resultados. Según los criterios del profesor.	<i>Integral y procesal. Sistémica.</i> Favorece el desarrollo de los estudiantes. Consensuada, negociada. <i>Autoevaluación y evaluación en el colectivo.</i> Evaluación continua del proceso.
MEDIOS	Textos de Física disponibles. Medios audiovisuales diseñados y utilizados por el profesor.	<i>Materiales docentes especialmente concebidos para este curso.</i> Textos de Física disponibles. Textos de <i>Fisiología, Biología Celular, de Medicina</i> y otros de la especialidad. <i>Revistas especializadas y de divulgación científica,</i> como: <i>Scientific American</i> y <i>Nature</i> . Medios audiovisuales diseñados, confeccionados y utilizados por el profesor y por los estudiantes. <i>Uso de información de Internet.</i>

3. Los resultados académicos del curso.

En la siguiente tabla se reflejan los resultados académicos de la disciplina Física en la Carrera de Biología de la Licenciatura en Educación, antes y después de la aplicación de la metodología interdisciplinar-profesional.

Tabla 4. *Resultados de promoción de la Física en la Carrera de Biología.*

CURSO	I SEMESTRE		BAJAS	II SEMESTRE	
	ESTUDIANTES	PROMOCIÓN (%)		ESTUDIANTES	PROMOCIÓN (%)
1981-1982	37	48,6	3	33	62,1
1984-1985	106	66,0	25	81	65,1
1986-1987	90	44,3	39	51	49,0
1987-1988	92	88,0	92	57	70,6
1988-1989	70	95,7	--	70	81,4
1991-1992				29	89,7
1992-1993				45	69,0
1993-1994				22	81,6
1995-1996				22	95,2
1998-1999				44	95,5

A partir del curso 1990-1991 la disciplina se imparte solamente en el segundo semestre de primer año.

Estos datos corroboran los bajos resultados de la disciplina hasta el curso 1988-1989, en el que comienza a elaborarse y aplicarse la concepción en que se sustenta la metodología. Las bajas que se producían durante el primer semestre eran causadas, fundamentalmente, por los resultados de la Física y de la Química, que motivaron una investigación de la comisión de carrera de la especialidad, cuyas conclusiones fueron expuestas y analizadas en el capítulo 2 de la tesis.

En el curso 1981-1982 el 19% de las bajas durante el segundo semestre se debió a que los estudiantes suspendieron Física. En el curso 1984-1985, la Física fue causa directa de 10 de las bajas. Doce estudiantes en ese curso se presentaron en la convocatoria especial de agosto, en la que suspendió el 50%. En el curso 1986-1987, de los 51 estudiantes que transitaron al segundo semestre, 14 causaron baja al suspender Física.

Estos resultados fueron tratados como uno de los más graves problemas del instituto en los análisis de los distintos niveles de dirección y en los claustros generales de profesores. Las causas eran achacadas por los docentes a la falta de estudio y de

motivación de los estudiantes y la solución se buscaba infructuosamente con cambios formales dentro de la disciplina.

A partir del curso 1988-1989 comenzó a revertirse la situación y la Física dejó de ser un problema para la Carrera de Biología. Resulta significativo un decrecimiento en los resultados en el curso 1992-1993. En ese curso la Física fue impartida por otro profesor que no se adscribió a la metodología propuesta.

El aumento cuantitativo de los resultados es uno de los indicadores de la acción de los radicales cambios introducidos. **Los estudiantes aprueban, pese a que deben enfrentarse y cumplimentar, por primera vez y con mayor rigor, un determinado número de exigencias. Los nuevos objetivos, contenidos y métodos influyen positivamente en los resultados del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física y, por ende, en los de la Carrera.**

Unido a los resultados cuantitativos resulta de mayor importancia el análisis de la calidad de los resultados. La evaluación en los programas anteriores era de resultados y estaba centrada en los conocimientos que los estudiantes demostraban poseer en el momento de la evaluación. La evaluación del nuevo curso de Física es procesual e integral y a la vez más exigente, ya que analiza "cualitativamente los cambios que se han efectuado sistemáticamente en el nivel de asimilación del aprendizaje, en el desarrollo de la personalidad del alumno, en relación con el modelo concretado en los objetivos del proceso de enseñanza aprendizaje, lo que permite valorar la efectividad de este" (30,2).

Los resultados académicos alcanzados actualmente no solo reflejan los conocimientos, adquiridos por comprensión, sino también cómo el estudiante los aplica y generaliza, además de su capacidad para transferirlos y la actitud que demuestra en el cumplimiento de tales tareas. (Martínez M. 1999, Silvestre M. 1999, Gimeno J. y Pérez I. 1992, Taba H. 1974). Estos resultados comprenden el grado de independencia cognoscitiva alcanzado por los estudiantes (Martínez M. 1998). **Asumimos que el criterio de calidad de lo aprendido está dado por la apropiación de los conocimientos, pero también de habilidades, determinados modos de actuación y de valores** (Álvarez C. 1995, Álvarez R.M. 1998, García J. 1998, Zilberstein J. 1999).

Los estudiantes que aprueban el curso de Física demuestran que han desarrollado habilidades para aplicar lo aprendido, estableciendo relaciones interdisciplinarias y

utilizando métodos de trabajo similares a los de la actividad científico-investigativa de la ciencia y de la docencia.

Los estudiantes deben demostrar también una actitud positiva y responsable durante el cumplimiento de las actividades desplegadas en el curso, similares a las de un profesor, tales como búsqueda, procesamiento y manejo de informaciones; análisis metodológico y exposición de las mismas; trabajo con los textos de la escuela y de la especialidad; solución y planteamiento de problemas; autoevaluación y evaluación de la actividad en el colectivo. En suma, para recibir una evaluación satisfactoria del curso deben demostrar, con los conocimientos, la adquisición de habilidades y formas de actuar profesionales (García J. y Castillo C. 1997, Parra I. 1998).

Es de destacar que esta forma de aprender, que desarrolla y educa, resulta importante en la formación de los profesores que necesita nuestra escuela para la necesaria renovación del proceso de enseñanza aprendizaje “que le enriquezca en su concepción y en alternativas que estimulen el desarrollo intelectual del alumno, los procesos de valoración y ofrezcan, en general, una mayor atención a su educación” (179,4).

Este resultado muestra una transformación en los estudiantes cuya mayoría demostró en la prueba de diagnóstico poseer pobres conocimientos de Física y de Biología y la imposibilidad de relacionarlos satisfactoriamente (anexo 5).

Si los anteriores cursos de Física no proporcionaban conocimientos que contribuyeran a la formación profesional del futuro profesor de Biología (38), el nuevo curso de Física interdisciplinar-profesional sí logra que los conocimientos adquiridos sean aplicados por los estudiantes en las disciplinas de la especialidad, contribuyendo al buen desenvolvimiento de estas e influyendo sobre la calidad de sus resultados. *Esta es otra comprobación de que los estudiantes poseen las bases de una formación interdisciplinar.* Como muestra de esto, a continuación se reproduce la valoración que sobre esta cuestión ofrecen los colectivos de las disciplinas Biología Celular y Molecular y Fisiología y Anatomía Humanas:

“ La disciplina Biología Celular y Molecular se desarrolla en los semestres segundo y tercero de la Carrera de Biología y su sistema de conocimientos está integrado por conceptos que no son independientes y específicos de esta disciplina, ya que son abordados por otras asignaturas como la Matemática, la Física, la Química y la Biorgánica fundamentalmente. Sin embargo, no siempre logramos una adecuada relación interdisciplinaria en la enseñanza de estos conceptos.

“La nueva forma de impartir el contenido de Física a los estudiantes de nuestra carrera ha demostrado la necesidad del estudio de esta ciencia para un profesor de Biología, además de posibilitar la adquisición de conocimientos biológicos desde esa asignatura. Tal es el caso del potencial de membrana citoplasmática, lo cual exige la utilización de bibliografía especializada, contribuyendo así al logro de habilidades específicas, generales y profesionales.

“Esta nueva concepción bajo la cual se desarrolla la asignatura de Física ha ayudado a reducir la extensión de determinados contenidos y hacerlos más asequibles para los estudiantes, ya que ha contribuido a que nuevos conocimientos se apoyen en lo ya estudiado.

“Cuando se logra en los estudiantes el dominio de la relación entre los conocimientos y el paso de unos a otros, el contenido estudiado es más firme y duradero, lo cual se evidencia cuando los estudiantes cursan el cuarto año de la carrera, donde deben aplicar estos conocimientos durante el estudio de diferentes procesos fisiológicos a nivel de organismo humano, evidenciando así que han sido capaces de formarse una cadena de conceptos que se relacionan entre sí, en las asignaturas de Física, Biología Celular y Molecular y Fisiología y Anatomía Humana, lo que se manifiesta en los resultados obtenidos, tanto desde el punto de vista cuantitativo, como cualitativo, que son superiores a los alcanzados en otros planes de estudio.”

En el anexo 11 se encuentran otras valoraciones de especialistas de esta carrera. *Estos avalan que la nueva forma de enseñanza aprendizaje de la Física arroja resultados académicos superiores en el orden cuantitativo y en el cualitativo.*

4. Las transformaciones operadas en la actitud de los estudiantes.

Al valorar los resultados de la propuesta planteada en esta tesis, coincidimos en que la función del docente no es preocuparse solo por diagnosticar los efectos de sus iniciativas y estrategias, ni detectar los efectos esperados en la consecución de los objetivos previstos, sino que debe también interpretar la riqueza educativa de la vida del aula generada por sus propuestas y las de los estudiantes, por sus reacciones, sentimientos y creaciones (Gimeno J. y Pérez I. 1992).

Cuando los estudiantes se enfrentan por primera vez a la solución de las tareas propuestas manifiestan temor e incapacidad para cumplimentarlas. Paulatinamente se desarrolla en forma creciente una gran actividad y participación de ellos en torno al cumplimiento de las tareas planteadas, estimulados al comprobar que son capaces de resolverlas y que satisfacen sus intereses. En esto influyen las relaciones

interpersonales, la influencia del ambiente creado en el aula y el sistema de evaluación empleado.

Partiendo de una actitud inicial escéptica o de rechazo, se desarrolla en los estudiantes una apreciable actividad de búsqueda, procesamiento y exposición de información. Se evidencia la tendencia a dar explicación a fenómenos y procesos observados en su vida diaria, lo que muestra que este proceder metodológico promueve una actitud de inclinación hacia el análisis, hacia la búsqueda de explicaciones científicas de los fenómenos y procesos observados, dentro y fuera del marco curricular.

Se logra que los estudiantes consideren las actividades de Física como momentos idóneos para consultar sus inquietudes, comprobar explicaciones, aclarar puntos de vista, relacionados con las ciencias y con su enseñanza. Ellos presentan con antelación al estudio de determinados temas, inquietudes y preguntas con la expectativa de que sean satisfechas oportunamente.

En ciertos momentos los hechos superan las expectativas. Por Ej. poco tiempo después de haber discutido la acción de la gravedad sobre los seres vivos y el estado de imponderabilidad, los estudiantes trajeron a la clase la crítica al error físico que se comete en el filme "Speed". Ellos observaron que las personas que viajaban en un elevador que caía libremente no separaban sus pies del piso. A partir de este momento, propusieron como tarea dedicar una parte de la primera clase de la semana al análisis de los posibles errores físicos de las películas del fin de semana, la que fue incorporada al sistema de tareas.

Estudiantes que presentaban dificultades iniciales para participar y expresar sus ideas llegaron a convertirse en estudiantes activos. Sus inquietudes no se limitaban solamente al marco de la relación Física-Biología ni al momento de la clase, ya que trataban de dar una explicación a fenómenos o procesos observados del mundo que les rodea y posteriormente comprobaban en la clase si aquella había sido correcta.

Una estudiante, por ejemplo, mostró inmensa satisfacción al comprobar que había explicado correctamente a su pequeño hermano el funcionamiento de la dinamo de la bicicleta, desde el punto de vista de la ley de transformación y conservación de la energía. Otro estudiante dio a los que le rodeaban una explicación plausible sobre el achatamiento de la esfera solar observado durante su puesta, aplicando los conocimientos físicos adquiridos.

Algunos estudiantes solicitaron presentar distintos aspectos relacionados con los temas de los seminarios. Así, ellos explicaron, desde el punto de vista de la Física, la bursitis; las causas de la hipertensión arterial y la explicación física de la recepción de la luz por los fotorreceptores, interesados por uno de los artículos publicados en la revista Investigación y Ciencia, cuya consulta fue sugerida durante la conferencia sobre Óptica. Estos seminarios fueron visitados por profesores de la especialidad, los que manifestaron su criterio positivo sobre el desarrollo de habilidades profesionales que pueden demostrar los estudiantes y sobre la utilidad de la actividad para su formación profesional.

Además de estas observaciones, fue aplicado un conjunto de instrumentos para constatar aún más cuáles son los factores que influyen en las transformaciones operadas en los estudiantes. El objetivo fundamental no fue el de determinar un aumento de la motivación de los estudiantes hacia la Física, lo que era previsible, en tanto que el curso de Física responde a sus necesidades e intereses y las exigencias y acciones de la metodología interdisciplinar-profesional la favorecen (Kapitsa P.1985, Valdés R. y Valdés P.1999, Álvarez C. 1995, González V. 1994, Del Pino J.L. 1998).

Al analizar las respuestas de los estudiantes en el test de salida (anexo 12), se aprecia un nivel de argumentación y de reflexión cualitativamente superiores, en comparación con las respuestas de los instrumentos de entrada (anexo 1).

Al explicar por qué consideran importante la disciplina Física para su formación profesional, la mayoría de las respuestas establecen una relación entre la Física, la Biología y la profesión. Entre las más representativas se encuentran las siguientes:

- Hemos podido apreciar, a través de numerosos ejemplos, que la Física es base importante para comprender los fenómenos biológicos.
- Hemos comprobado que muchos aspectos de la Biología están basados netamente en la Física.
- Nos prepara para enfrentar mejor los contenidos de Biología y nuestra labor futura como profesores de esta asignatura.
- La relación Física-Biología me permitirá planificar en un futuro clases que le interesen a los alumnos.
- Su conocimiento nos permite explicar los procesos biológicos desde distintos puntos de vista (se refiere a los métodos de análisis) y con mayor profundidad.
- Me resulta útil para mi profesión.

Se puede apreciar una coherencia entre las respuestas dadas en el resto de los ítems y las opiniones vertidas por los estudiantes en los sistemáticos análisis grupales sobre

la marcha del proceso enseñanza aprendizaje y durante la evaluación de los seminarios integradores. Los criterios positivos acerca de la disciplina son avalados por las siguientes opiniones:

- A través de la Física se puede conocer más y ampliar el conocimiento sobre la naturaleza y la ciencia.
- Permite una mayor vinculación con la especialidad.
- Permite un mayor conocimiento y preparación acerca de la profesión.
- Al aprender Física se está aprendiendo Biología.
- Esta forma de aprender Física nos motiva para estudiarla.
- Solo de esta forma (de enseñanza aprendizaje) tiene sentido incluir la Física en el plan de estudios.
- Sugerencia de que la enseñanza aprendizaje de la Física continúe con este enfoque en el futuro.

Resulta significativo que al explicar estas razones la mayoría de los estudiantes expresa haber llegado a ellas por convencimiento propio, producto de su posición activa en la adquisición del conocimiento.

Entre las respuestas negativas las razones aducidas son:

- Precisa mayor exigencia en el estudio.
- De todas maneras no le gusta la Física.

Es importante señalar que entre estas respuestas no hay ninguna relacionada con el temor al fracaso académico.

Acerca de qué les aporta aprender mediante la solución de tareas valoraron lo siguiente:

- Podré aplicar lo aprendido en las asignaturas de Biología.
- Me acercan al conocimiento de la Biología.
- Puedo ver la relación que existe entre ambas ciencias.
- Me preparan mejor para mi futura profesión.
- Puedo participar más activamente en la adquisición de los conocimientos.
- Aprendo a estudiar y a trabajar con la literatura científica.
- Comprendo mejor el contenido de Física.
- Desarrollo mi expresión oral.
- Por ellos he asistido a una biblioteca.
- Dejo de ver la Física como algo abstracto.

Una notable transformación es que, al cabo de seis semanas, la totalidad de los estudiantes prefieren la evaluación oral y especialmente los seminarios, por la posibilidad que les ofrecen de ser sujetos activos en el proceso de enseñanza aprendizaje; porque aprenden más en el intercambio y discusión colectivos. Porque no tienen temor a equivocarse en un planteamiento, pues tienen la oportunidad de

rectificar y aclarar sus dudas, sin temer a obtener una calificación desfavorable. Consideran que el examen escrito no brinda ninguna de estas posibilidades.

Para valorar, a través de indicadores comportamentales, el cambio de los estudiantes debido a la metodología desarrollada, nos basamos en un instrumento que permitió evaluar, mediante una escala de cinco puntos, la manifestación de indicadores motivacionales en cada estudiante (92, 63). Insistimos en que *los indicadores utilizados reflejan la esencia del principio interdisciplinar-profesional*. Adecuado a nuestro estudio estos indicadores fueron:

I- Presencia de inquietudes, reflexiones acerca de los contenidos de la disciplina en su relación con la profesión.

- Preocupación por obtener mayor información sobre la vinculación entre la disciplina y la profesión.
- Inquietudes, búsqueda, reflexiones acerca de problemas metodológicos y de contenido de esta relación.

II- Participación activa en la búsqueda de información de problemas científicos actuales de las ciencias (Física, Biología, pedagogía y sus relaciones).

- Presentación o estudio de publicaciones, fichas u otras referencias sobre descubrimientos, teorías y otros problemas científicos de actualidad y de las relaciones entre las ciencias en cuestión.
- Indagación acerca de problemas actuales de las ciencias y de la relación Ciencia-Tecnología-Sociedad.
- Participación en las discusiones sobre el tema.
- Propuestas de temas para su discusión.
- Iniciativa para la elaboración y presentación de información no solicitada.

III- Actuación para la solución de problemas disciplina-profesión.

- Superación de dificultades personales y grupales, materiales, etc., para poder dar respuestas a las tareas planteadas.
- Flexibilidad en la solución de problemas disciplina-profesión.

IV- Originalidad de las respuestas que requieren de cierto grado de elaboración y aplicación a la vida diaria de los conocimientos físicos adquiridos, durante la realización del sistema de tareas.

- Propuestas de inclusión de nuevos temas para discutir en clases prácticas y seminarios.

- Interés demostrado en dar explicación a fenómenos o problemas biológicos o que se presentan en la vida diaria.

V- Satisfacción por el conocimiento de la disciplina.

- Manifestada mediante los criterios recogidos a través de las distintas vías utilizadas para la obtención de información.

La intensidad con que se manifiestan estos indicadores se mide mediante una escala de 5 puntos con el siguiente criterio:

1. No se manifiesta.
2. Se manifiesta con baja intensidad.
3. se manifiesta con intensidad media.
4. Se manifiesta con alta intensidad.
5. Se manifiesta con máxima intensidad.

La observación sobre la evolución de estos indicadores en cada estudiante fue realizada durante el curso 1995-1996 (21 estudiantes). Sus resultados cuantitativos se ofrecen en la tabla 5.

El análisis comparativo de los datos que refleja la tabla denota una significativa evolución positiva en el nivel de intensidad de los indicadores comportamentales. Si en la semana 2 la mayor cantidad de estudiantes está agrupada por debajo del nivel medio de intensidad (3), en la semana 16 ha ocurrido un desplazamiento notable y uniforme hacia los niveles superiores. Esta evolución refleja los cambios en el grado de movilización y participación para la solución del sistema de tareas operados en los estudiantes, en la satisfacción que manifiestan durante el proceso enseñanza-aprendizaje de la Física y en las expectativas que demuestran ante las nuevas tareas.

Tabla 5. Evolución de los indicadores comportamentales de la motivación profesional de los estudiantes hacia el estudio de la Física

I E	SEMANA 2					SEMANA 16				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
5	---	---	---	---	---	6	6	10	5	7
4	---	1	3	3	---	3	5	4	2	7
3	6	8	11	3	7	7	5	6	6	5
2	6	10	5	8	12	3	3	1	2	3
1	10	3	3	8	3	3	3	1	8	---

Leyenda:

I: Indicadores

E: Escala de intensidad

Los indicadores III y V experimentaron el mayor movimiento. Esto indica una correspondencia entre la actividad desplegada por los estudiantes para vencer las dificultades subjetivas y objetivas existentes y el nivel de satisfacción profesional que experimentan hacia la Física, hacia su conocimiento, en tanto que lo vinculan con el contenido de su profesión. Se revela aquí una tendencia hacia el equilibrio de lo afectivo-cognitivo en el desarrollo del proceso enseñanza-aprendizaje (González V. 1994, Del Pino J.L. 1998).

La flexibilidad observada en un grupo significativo de estudiantes para hacer transferencias de contenidos demuestra la existencia de una tendencia al dominio de los conceptos fundamentales, su generalización y aplicación (Taba H. 1974, Valdés R. y Valdés P. 1999).

El indicador IV, por sus peculiaridades, experimentó un cambio relativo menor, aunque de todas maneras este fue también importante y superó las expectativas, dados los índices que lo conforman.

La evolución uniforme de los indicadores manifiesta, a nuestro entender, la congruencia entre la posición activa y reflexivo-valorativa de los estudiantes en su relación con la Física y sus resultados académicos, tanto cuantitativos como cualitativos.

Para buscar la significación en el cambio respecto a los indicadores establecidos aplicamos la prueba de Mc Nemar. Los resultados indican cambios significativos que pueden considerarse altamente fiables (anexo 13).

En este sentido es importante señalar otro cambio observado en los estudiantes. Ninguno de ellos manifestó el temor ante el fracaso académico, presente en el diagnóstico. *Existió una tendencia a mostrar mayor preocupación y satisfacción por lo aprendido que por la nota.*

Un semestre después de finalizado el curso fue aplicado a estos mismos estudiantes un test de escalamiento ordinal para caracterizar al grupo respecto a sus criterios acerca de la Física (anexo 14). Sus resultados evidenciaron la firmeza de sus criterios sobre el aporte de la Física a su formación profesional y sobre la metodología aplicada. Los resultados aparecen en la tabla 6.

Creemos conveniente declarar que los tratamientos estadísticos que hemos presentado solo ofrecen conclusiones acerca de indagaciones empíricas básicas en las que podemos apoyarnos para hacer nuestros análisis cualitativos. Ellos son necesarios pero no definitorios para el análisis de los resultados.

Independientemente de la fiabilidad de los resultados que arrojan los tratamientos estadísticos utilizados, estimamos que la correspondencia que existe entre los resultados cuantitativos y cualitativos constatados a través de las distintas vías utilizadas, al hacer su análisis integral, es una importante muestra de su consistencia y fiabilidad.

Como parte del test se pidió plantear la mayor cantidad de ejemplos de contenidos de la Física y su aplicación con la Biología. Los resultados arrojaron que el 100% pudo responder satisfactoriamente, poniendo ejemplos de al menos el 50% de los aspectos que habían estudiado durante el curso.

Estimamos que esto no solo revela que el recuerdo de lo tratado fue elevado, teniendo en cuenta el tiempo transcurrido sin contacto alguno con la Física. Es significativo que fueron capaces de establecer adecuadamente el vínculo de esta con procesos y fenómenos de la Biología.

Tabla 6. Criterio grupal sobre el curso de Física para Biología

INTERESANTE	16	---	1	---	---	ABURRIDO
CONCRETO	10	7	---	---	---	ABSTRACTO
ACTIVO	13	2	1	1	---	PASIVO
MUY ÚTIL	16	---	1	---	---	INÚTIL
ME HA ACERCADO A LA NATURALEZA	9	3	3	1	1	NI PENSARLO
ME HA ACERCADO A LA PROFESIÓN	12	3	2	---	---	NADA DE ESO
APRENDÍ FÍSICA	11	2	2	2	---	NO APRENDÍ
COMPRENSIBLE	8	5	3	1	---	INCOMPRENSIBLE
ME HA GUSTADO	9	2	6	---	---	ME HA
						DISGUSTADO
ME HA COSTADO	5	8	1	---	3	MUY FÁCIL
AGRADABLE	9	2	6	---	---	DESAGRADABLE
APRENDÍ BIOLOGÍA	8	4	2	1	2	NADA
SATISFECHO	11	4	1	1	---	INSATISFECHO
VALIÓ LA PENA	13	3	1	---	---	TIEMPO PERDIDO
DESARROLLA	14	1	2	---	---	ESTANCA
DIFERENTE	15	2	---	---	---	TRADICIONAL
MANTENERLO	15	2	---	---	---	QUE
						DESAPAREZCA

5. Otras aplicaciones y resultados en la práctica pedagógica.

La concepción teórico-metodológica que sustenta la metodología-interdisciplinar profesional ha sido aplicada por el autor:

- En la preparación y desarrollo de la asignatura Fundamentos de la Defensa Civil para los estudiantes de la Carrera de Física del curso 1996-1997.
- En el trabajo metodológico del colectivo de segundo año de la Carrera de Física en los cursos 1996-1997, 1997-1998 y 1999-2000.

El carácter informativo y de transmisión-recepción del curso de la asignatura Fundamentos de la Defensa Civil fue sustituido por otro de carácter interdisciplinar-profesional, con la asignación a los estudiantes de tareas investigativas por temas vinculadas con la Física. Algunas de ellas se relacionaron con las del sistema de tareas de la asignatura Mecánica, tales como exponer las bases físicas de los ciclones, las de las bajas y altas presiones y las del clima terrestre.

De igual manera se plantearon tareas, en correspondencia con el nivel de los estudiantes, relacionadas con la física del arma nuclear, las radiaciones, el arma biológica y sus correspondientes efectos. Los resultados mostraron un cambio en la actitud de rechazo inicial que mostraron los estudiantes hacia esta asignatura.

Los métodos de trabajo basados en el principio interdisciplinar-profesional fueron introducidos en la labor del colectivo pedagógico del segundo año de la Carrera de Física, reflejados en su plan de trabajo metodológico durante dos cursos consecutivos (1996-1997 y 1997-1998). Se logró una mayor integración de los profesores de otras facultades al trabajo del colectivo y en el cumplimiento de los programas directores, una incorporación activa de los estudiantes a la solución de los problemas, alcanzándose resultados integrales destacados. Estos resultados aparecen reflejados en los sendos informes sobre los resultados del trabajo docente metodológico del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias.

3.3. Introducción de resultados

Los resultados de esta tesis han sido introducidos en otros ámbitos educacionales, no solo de la enseñanza superior sino también en la enseñanza media, por lo que la experiencia de dos lustros en el campo de la interdisciplinariedad ha servido como referente a otros intentos por introducirla en la práctica pedagógica. Esta extensión se ha manifestado en lo siguiente:

- Participación en eventos científicos y metodológicos, nacionales e internacionales:

- I Escuela Latinoamericana de Física. UH. 1990. Ponente: Curso de Física para futuros profesores de Biología.
- I Taller Didáctica de la Física. ISPEJV. 1991. Ponente: Curso de Física para biólogos.
- IX Reunión Científica. ISPEJV. 1994. Ponente: Efectividad del curso de Física General para biólogos en el aumento de la calidad del aprendizaje y de la motivación profesional de los estudiantes.
- I Taller Nacional de Didáctica Interdisciplinaria. La Habana. 1994. Ponente: La relación interdisciplinaria en la enseñanza de la Física.
- Evento Científico-metodológico Internacional "Enseñanza de las Ciencias". La Habana. 1995. Ponente: Curso de Física Aplicada en la formación de profesionales.
- I Taller Internacional sobre Enseñanza de la Física. IPLAC. 1994. Ponente: Curso de Física Aplicada para la formación profesional de profesores.
- II Taller Internacional sobre Enseñanza de la Física. IPLAC. 1995. Ponente: Enfoque interdisciplinario de la enseñanza de la Física.
- III Taller Internacional sobre Enseñanza de la Física. IPLAC. 1996. Ponente: Seminarios integradores en la enseñanza aprendizaje de la Física.
- V Taller Internacional sobre Enseñanza de la Física y I Taller sobre la Enseñanza de la Química, la Biología, la Geografía y la Matemática. IPLAC. 1998. Ponente: El enfoque interdisciplinar-profesional de la enseñanza aprendizaje de la Física en la formación de profesores de ciencias.
- VI Taller sobre Enseñanza de la Física y I Congreso Iberoamericano sobre Didáctica de las Ciencias y la Matemática. IPLAC. 1999. Ponente: La interdisciplinariedad: una necesidad de la formación de profesores de ciencias.
- Pedagogía '97. Coautor, con profesores españoles, de la ponencia "Reacciones del alumno ante las componentes Física y operatoria de una tarea". La Habana. 1997.
- Taller Internacional sobre Interdisciplinariedad. 1996. IPLAC. Ponente: El enfoque interdisciplinar-profesional del curso de Física para la formación de profesores de Biología.
- Primer Seminario Científico sobre Didáctica de las Ciencias Experimentales ISPEJV - Universidad de Murcia. La Habana - P. del Río. 1996. Intervención: Experiencias de la aplicación de la interdisciplinariedad en la enseñanza aprendizaje de la Física en la formación de profesores de ciencias en el ISP "Enrique J. Varona".

- Taller Internacional sobre Formación Profesional Pedagógica 1997. IPLAC. Ponente: La interdisciplinariedad en la formación de profesores de ciencias: un ejemplo en la enseñanza aprendizaje de la Física.
- Taller Internacional de la Cátedra "Dulce M^a Escalona". Ponente: La interdisciplinariedad en el proceso de enseñanza aprendizaje. ISPEJV.1999.
- Eventos científico-metodológicos del Instituto y de las facultades de Ciencias, Ciencias Naturales y Ciencias de la Educación (ISPEJV).
- Intercambios con especialistas del Colegio de Bachilleres del DF, México y de las universidades de Murcia, Almería, Alcalá de Henares y Complutense y centros docentes de Santos y Linhares, Brasil.
- Publicaciones de artículos y materiales docentes y metodológicos sobre el tema, que han servido como referente teórico para tesis de maestría y otros trabajos científicos de profesores y estudiantes del instituto y de otros centros docentes:
 - La interdisciplinariedad en el trabajo de los departamentos de ciencia de la escuela media. Material del curso. ISPEJV. 1997. Revista electrónica "Órbita Científica". Aceptado. 2000.
 - El enfoque interdisciplinar-profesional del curso de Física para la formación de profesores de Biología. En: Metodología de la Investigación Pedagógica. Maestría de Educación. Brasil.
 - El enfoque profesional: una clave para el éxito. Revista Varona. N° 23. La Habana. 1996.
 - Curso de Biomecánica. Texto y Programa. Aceptado. Colombia. 1997.
 - Pedagogía `97. "Reacciones del alumno ante las componentes Física y operatoria de una tarea". Coautor. La Habana. 1997.
 - La interdisciplinariedad: ¿Algo viejo que se ha puesto de moda?. Aceptado. Revista Varona. 2000.
 - El enfoque interdisciplinar-profesional del curso de Física para la formación de profesores de Biología. Revista electrónica "Órbita Científica. Aceptado. 2000.
- Postgrados y talleres:
 - Física Aplicada. Enfoque interdisciplinar-profesional de la enseñanza-aprendizaje de la Física (1997).
 - La Física y el mundo que nos rodea. (Maestría: Didáctica de la enseñanza de la Física).
 - Física Aplicada al Deporte (1997).
 - Postgrado a jefes de departamentos de ciencias de la escuela media de Ciudad de La Habana (1997).

- Talleres anuales (1998 y 1999) a estudiantes de Educación Física de la Universidad de Alcalá de Henares. (Biomecánica deportiva), conjuntamente con profesores de educación Física y técnicos deportivos.
- Conferencia: La interdisciplinariedad en la enseñanza de las ciencias en los centros formadores de atletas. CEAR. Cojimar. 1998.
- Conferencias sobre la interdisciplinariedad en el currículo, ofrecidas en la Maestría en Educación de la Facultad de Ciencias Naturales. ISPEJV. Cursos de 1998 y 1999.
- Asesoría o tutoría de tesis de maestría:
 - "La relación interdisciplinaria de la Biología 3 (9o.grado) con la Física". Tutor. Maestría en Educación Avanzada ISPEJV. 1998-
 - "Interdisciplinariedad, una vía para contribuir a la formación laboral de los estudiantes de secundaria básica". Consultante. Maestría de la Cátedra UNESCO en Ciencias de la Educación. IPLAC. 1998-
 - "La interdisciplinariedad en la Carrera de Contabilidad". Tutor. Maestría en Educación. Brasil. ACO-ISPEJV.1999-
- Asesoría de trabajos de diplomado vinculados con el tema.
- Colaboración metodológica sobre la interdisciplinariedad en la enseñanza de la Física en la enseñanza media. ESB "Manuel Ascunce Domenech" (10 de Octubre) e IPVCE "Vladimir I.Lenin" y "Mártires de Humboldt 7"
- Intercambios con especialistas de la Universidad de La Habana, del ISDI, del ITM y del ISPJAE. (1994-1999). Ponencia: Interdisciplinariedad y formación profesional en la enseñanza aprendizaje de la Física.
- Introducción de esta concepción metodológica en la asignatura Fundamentos de la Defensa Civil.
- Enfoque interdisciplinar-profesional del trabajo como Jefe de Colectivo de 2º año de la Carrera de Física-Electrónica. Cursos 1996-1997, 1997-1998, 1999-2000.
- Trabajo metodológico en el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias del ISPEJV.
- Orientación de trabajos científico-estudiantiles en la línea de la interdisciplinariedad en la enseñanza-aprendizaje de la Física.
- Ayudas metodológicas a los ISP "Félix Varela" (1990 y 1991) y de Pinar del Río (1990, 1991, 1997 y 1999).
- Conferencias metodológicas a profesores y jefes de departamento de ciencias en varios municipios de Ciudad de La Habana.

- Participación en la Cátedra de Didáctica de la Facultad de Ciencias de la Educación del ISPEJV. Referente teórico de su Proyecto de Investigación sobre la formación interdisciplinar de los profesionales de perfil amplio. 1998-1999.
- Coautor del programa de la asignatura Física General del curso premédico de la Escuela Latinoamericana de Medicina. 1998-1999.
- Coautor del sistema de tareas (con enfoque interdisciplinar-profesional) del curso premédico de Física de la Escuela Latinoamericana de Medicina.
- Referente teórico-práctico para la elaboración y desarrollo de los programas de Marxismo-Leninismo del ISPEJV.
- Referente teórico para la fundamentación del trabajo del grupo interdisciplinar de la Facultad de Ciencias del ISPEJV. 2000.

Conclusiones del capítulo:

- Con la presentación de la aplicación de la metodología interdisciplinar-profesional en dos temas del curso de Física se puede apreciar su carácter sistémico e interdisciplinar, puesto de manifiesto en la actividad de los estudiantes y del profesor. Durante esta explicación Se muestra la relación de la Física no solo con la Biología, sino también con el resto de las asignaturas del currículo, como la Química, la Matemática, Adolescente y su Desarrollo y Marxismo Leninismo.
- Se insiste en el carácter interdisciplinar-profesional del sistema de tareas, puesto que para resolverlas es necesario: dominar los conocimientos físicos, familiarizarse con conocimientos básicos de la Biología, mediante la investigación en distintas fuentes de información, desarrollar habilidades para integrar estos conocimientos, generalizarlos y aplicarlos, exponer y discutir sus conclusiones y criterios.
- Por su carácter interdisciplinar, el nuevo curso de Física se diferencia ostensiblemente de los anteriores en todos los componentes del proceso. Si los anteriores cursos de Física no proporcionaban conocimientos que contribuyeran a la formación profesional del futuro profesor de Biología, el curso de Física interdisciplinar-profesional sí logra que los conocimientos adquiridos sean aplicados por los estudiantes en las disciplinas de la especialidad, contribuyendo al buen desenvolvimiento de estas e influyendo sobre la calidad de sus resultados
- Los estudiantes que aprueban el curso de Física demuestran que han desarrollado habilidades para aplicar lo aprendido, estableciendo relaciones interdisciplinarias y utilizando métodos de trabajo similares a los de la actividad científico-investigativa

de la ciencia y de la docencia. Para alcanzar una evaluación satisfactoria del curso deben demostrar, con los conocimientos, la adquisición de habilidades y formas de actuar profesionales

- Partiendo de expectativas negativas y de rechazo, se logra que los estudiantes consideren las clases de Física como momentos idóneos para consultar sus inquietudes, comprobar explicaciones, aclarar puntos de vista, relacionados con las ciencias y con su enseñanza.
- En el final del capítulo se relacionan la socialización de los resultados de la tesis que abarca a la educación superior y a la enseñanza media.

CONCLUSIONES

1. La interdisciplinariedad no es solo una cuestión teórica, académica, sino ante todo una práctica, una forma de pensar y de proceder para conocer y resolver cualquier problema de la realidad y que requiere de la convicción y de la cooperación entre las personas. Significa un cambio de posición ante los problemas del conocimiento y la sustitución de una visión fragmentada por una integrada del ser humano.

La interdisciplinariedad, y las prácticas educativas integradoras, tienen sus bases en la internacionalización y complejización de la vida social, económica, política y cultural, uno de cuyos principales motores es el desarrollo de la ciencia y de la tecnología.

2. En el contexto en que se desarrolla la educación, la enseñanza aprendizaje de las ciencias adquiere particular relevancia. La necesidad de dar una educación científica a todos los ciudadanos, *para que sepan de y sobre la ciencia*, plantea la necesidad de revisar y cambiar las concepciones sobre la formación de los profesores de ciencias, protagonistas principales en los necesarios y urgentes cambios en la enseñanza aprendizaje de las ciencias.
3. En los currículos la interdisciplinariedad aparece declarada, pero carece de contenido en la práctica. La introducción de la interdisciplinariedad implica una transformación profunda en los métodos de enseñanza y requiere de un cambio de actitud y de las relaciones entre los sujetos que intervienen en el proceso educativo. Se requiere de un profesor que tenga pensamiento interdisciplinar como premisa para que pueda transmitir esta forma de pensar y proceder a todos sus alumnos.
4. El enfoque profesional de las disciplinas lleva implícita, en su esencia, la interdisciplinariedad. Esta no puede lograrse con la formación profesional fragmentada y descontextualizada, que se ha venido practicando hasta nuestros días. Se hace necesaria la aplicación del principio *de interdisciplinariedad*, que preferimos denominar *interdisciplinar-profesional* para el diseño y desarrollo del proceso de enseñanza aprendizaje de la formación profesional.

Se entiende el principio interdisciplinar - profesional como aquel que dirige el proceso de enseñanza aprendizaje hacia la preparación de un futuro profesional capaz de solucionar integralmente los problemas que enfrentará en su futuro desempeño profesional.

5. La mayoría de los estudiantes que ingresa a la especialidad de Biología de la Licenciatura en Educación desconocen la relación de la Física con el resto de las ciencias y con el desarrollo tecnológico y de la sociedad, particularmente su papel en el surgimiento y desarrollo de la Biología como ciencia.

Estos estudiantes muestran pocas posibilidades para vincular la Física con la explicación de fenómenos y procesos biológicos. Se evidencia un desconocimiento de la importancia de la Física para su formación y futuro desempeño profesionales.

6. El proceso enseñanza aprendizaje de la disciplina Física se organizó mediante la concepción y desarrollo de una metodología interdisciplinar - profesional, cuyas exigencias son:

- *Partir de la interdisciplinariedad entre las ciencias (conocimientos, métodos, actitudes y valores, lenguaje).*
- *La relación entre el contenido de la ciencia y los métodos y las formas de trabajo empleados para su enseñanza.*
- *Atención a los problemas de la formación profesional.*
- *Carácter interdisciplinar del proceso enseñanza aprendizaje.*
- *Relaciones dialógicas entre los sujetos que intervienen en el proceso.*
- *Flexibilidad, carácter abierto y perfeccionamiento continuo del proceso.*
- *Carácter sistémico del proceso.*

Estas exigencias se concretan en la práctica mediante un conjunto de acciones que tiene como resultado un curso de Física interdisciplinar-profesional, sin precedentes conocidos.

7. El eje de la actividad de los estudiantes durante el curso de Física consiste en un sistema de tareas cuya realización direcciona la ejecución de la relación interdisciplinaria entre la Física y la Biología, así como la aplicación de métodos de trabajo de la actividad científica y pedagógica contemporáneas. Su contenido está vinculado con los intereses cognoscitivos y profesionales de los estudiantes, mediante su participación comprometida, basada en la actividad investigativa orientada por el profesor.
8. Partiendo de una posición escéptica y de rechazo hacia la Física se promovió y evidenció entre los estudiantes, como tendencia una actitud de inclinación hacia el análisis, hacia la búsqueda de explicaciones científicas de los fenómenos y procesos observados dentro y fuera del marco curricular.

Se logró que los estudiantes consideraran las clases de Física como momentos idóneos para consultar sus inquietudes, comprobar explicaciones, aclarar puntos de vista, relacionados con las ciencias y los fenómenos y procesos de la vida.

9. Los resultados alcanzados resultan alentadores e indican la posibilidad de desarrollar esta metodología para lograr un acercamiento a la interdisciplinariedad en la formación profesional y provocar, además, una tendencia al cambio en la actitud de los estudiantes hacia la ciencia y hacia el estudio de la Física.

Demuestran que la aplicación de una metodología interdisciplinar - profesional del proceso de enseñanza aprendizaje de la Física constituye una vía que contribuye, entre otros:

- a) A la formación profesional de los estudiantes mediante la asimilación de los distintos saberes y el desarrollo de habilidades profesionales que los preparan para poder aplicar métodos de trabajo interdisciplinar durante su formación y en su desempeño profesional futuro.
 - b) A la consolidación de los conocimientos asimilados, a su integración y a su aplicación en otras áreas del saber y durante sus posteriores estudios en las disciplinas de la Carrera.
 - c) Al conocimiento y toma de posición sobre las relaciones entre las ciencias, particularmente entre la Física y la Biología, y sobre el papel de la ciencia en nuestro país y en el mundo contemporáneo (relaciones C/T/S).
 - d) A una tendencia al cambio de actitud de los estudiantes hacia el estudio de la Física, que se evidencia en una posición activa y una actitud reflexivo - valorativa durante el cumplimiento de las tareas que se les plantean en el curso.
10. La interdisciplinariedad es un proceso de continuo perfeccionamiento, por lo que el proceso investigativo presentado en esta tesis debe seguir su curso, para la consecución de un profesor de ciencias que responda a las exigencias de la sociedad y de las transformaciones que en nuestra escuela se suceden.

RECOMENDACIONES

1. Continuar desarrollando y perfeccionando la metodología interdisciplinar profesional en la Carrera de Biología. De acuerdo con las posibilidades materiales con que se pueda contar, deben introducirse la aplicación de la computación y la vinculación con el trabajo experimental.
2. Promover la aplicación de esta metodología, de acuerdo a las condiciones particulares, en la enseñanza aprendizaje de la Física para la formación de profesores de ciencias del resto de las especialidades.
3. Ofrecer cursos de postgrado de Física con este enfoque a los profesores de Biología de la escuela media, como parte de su superación científico-metodológica.
4. Considerar los fundamentos teórico-prácticos de esta tesis, validados por su aplicación sistemática, como referentes para los cambios curriculares que con carácter interdisciplinar deben acometerse por los institutos pedagógicos, para dar respuesta a las necesidades y exigencias de la educación contemporánea, de la enseñanza aprendizaje de las ciencias y de nuestra escuela.
5. Continuar divulgando mediante todos los medios esta experiencia, analizando la posibilidad de la aplicación de los métodos de trabajo interdisciplinar propuestos en la enseñanza media y en otros contextos educativos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Addine, F.- Didáctica y currículum. Análisis de una experiencia. Edit. Asesores Bioestadísticos. Bolivia, 1997.
2. ----- y otros.- Didáctica y optimización del proceso enseñanza-aprendizaje. Material de estudio de Maestría. Soporte electrónico. IPLAC. La Habana. 1998.
3. Alonso, H.- Apuntes sobre las investigaciones interdisciplinarias. En: Revista Cubana de Educación Superior. Vol 14, N°2. CEPES-UH. 1994.
4. Álvarez, C.M.- La Pedagogía como ciencia. (Epistemología de la Educación). Fotocopia de material sin editar. Sucre, Bolivia. 1995.
5. ----- y Moltó, E.- Principales tendencias en la organización y planificación del proceso de enseñanza de la Física en las especialidades de E.Laboral, Química, Biología y Geografía, de la Licenciatura en Educación en Cuba. Original mm. MES. La Habana. 1987.
6. Álvarez M.- Potenciar las relaciones interdisciplinarias en los ISP . Ponencia presentada en Pedagogía 99.
7. -----.- Sí a la interdisciplinariedad. En: Revista Educación. N° 97/ mayo-agosto. pp 10-14. La Habana. 1999.
8. Álvarez, R.M.- Hacia un currículum integral y contextualizado. Honduras. Fotocopia. 1998.
9. Álvarez, S.- Proyectos ilustrativos de enseñanza integrada de la ciencia. UNESCO, Chile. 1979.
10. Álvarez, V.- Enseñanza de las matemáticas en carreras no matemáticas. En: Revista Cubana de Educación Superior. N°3. pp.119-125. CEPES-UH. 1994.
11. Ander-Egg, E.- Interdisciplinariedad en educación. Editorial Magisterio del Río de la Plata. Buenos Aires. 1994.
12. Arnal, J y otros.- Investigación educativa. Fundamentos y metodologías. Editorial Labor S.A. España. 1994.
13. Babanski, Yu.- Optimización del proceso de enseñanza. Editorial Pueblo y Educación. 1982.
14. Báez, A.- Enseñanza de las Ciencias Naturales: concepto de innovación e imagen de los físicos y de la Física .En: Rev.Contactos. Vol 1. No.4.Oct- Dic. pp. 23-28. México. 1984.
15. Betto, F.- La obra del artista. Una visión holística del universo. Editorial Caminos. La Habana. 1998.
16. Bisquerra, R.- Métodos de investigación educativa. Guía práctica. Editorial CEAC.Barcelona. 1989.
17. Blanco J.A.-Tercer milenio. Una visión alternativa de la posmodernidad. Edición del Centro Félix Varela. La Habana. 1998.
18. Bochniak, R.- O questionamiento de interdisciplinaridade e a produção do seu conhecimento na escola. En: Práticas interdisciplinares na escola. 2ª edición. Edit.Cortez. pp.124-142. Sao Paulo. 1994.
19. Bogdánov, R.- El físico visita al biólogo. Edit.MIR. Moscú. 1989.
20. Branscomb, L.W.- La unión hace la ciencia. En: El Correo de la UNESCO. Mayo. pp. 20-23. París. 1999.
21. Brooks, H.- Una pareja de hecho. En: El Correo de la UNESCO . Mayo. p23. París. 1999.
22. Burlatski, F. Y otros.- Materialismo dialéctico. Editorial Progreso. Moscú. 1981.
23. Buzón C, M.- Los seminarios: Caracterización, clasificación, preparación y funciones. En: Temas de Didáctica. Primera parte. ISPEJV. La Habana. 1997.

24. ----- y otros.- Algunas consideraciones sobre el papel de las ideas rectoras en el proceso de integración de conocimientos de los estudiantes en las asignaturas pedagógicas en los ISP. mm. ISPEJV.1987.
25. Caamaño, A.- Estructura y evolución de los proyectos de ciencias experimentales. En: Alambique No.1/ julio. GRÃO, Barcelona. 1994.
26. Caballero, C.A.- La relación interdisciplinaria de la Biología y la Geografía en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Química para la formación integral de los alumnos de secundaria básica. Tesis de Maestría. UH. La Habana. 1999.
27. Camilloni, A. y Carlos Cullen.- Los contenidos en el nivel medio. La interdisciplinariedad. Fotocopia .Argentina. s/f.
28. Campanario, J.M. Y Moya, A.- ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. En: Enseñanza de las Ciencias. 17(2) junio. pp 179-192. España. 1999.
29. Carrascosa, J.- Análisis de la formación continuada y permanente del profesorado de ciencias. En: La formación continuada y permanente del profesorado de ciencias en Iberoamérica. pp.7-44.Tomo 5. IBERCIMA, OEI. España. 1994.
30. Castro, O.- La evaluación pedagógica. Fotocopia. ISPEJV. La Habana. 1999.
31. Colectivo de autores. Currículum. Diseño, práctica, evaluación. Selección de textos. CEPES-UH. La Habana. 1996.
32. Colectivo de autores.- Escuela Plural. Propuesta político-pedagógica (1). Brasil. En: Revista Latinoamericana de Innovaciones Rducativas. Año VIII, Nº 22. pp 49-110. Comunidad Educativa Americana (OEA). Argentina. 1996.
33. -----.- La dialéctica y los métodos científicos generales de investigación. (2 T). AC-URSS y ACC. Editora Ciencias Sociales. La Habana. 1985.
34. Colectivo de autores.- Psicología para educadores. Pueblo y Educación. La Habana.1995.
35. Colectivo de autores.- Tendencias Pedagógicas contemporáneas. CEPES .UH . La Habana. 1991
36. Coll,C.- Psicología y Currículum.Edit.Laia. Barcelona. España.1989.
37. Comenio, J.A.- Juan Amos Comenio 1592-1670. Páginas escogidas. Facultad de Educación. Universidad de La Habana.La Habana. 1959
38. Comisión de Carrera de Biología.- Investigación sobre la enseñanza de la Química y la Física en la Carrera de Biología.ISPEJV mm. 1986.
39. Coro, F y A. Otazo.- Fisiología celular y de los sistemas de control. Pueblo y Educación. La Habana. 1990.
40. Correa, C.- Docente para el tercer milenio. En: Ensayos disciplinares. Nº1. Septiembre. pp.51-64. Universidad Autónoma del Caribe. Colombia. 1998.
41. Cromer, A.- Física para las ciencias de la vida.Reverté ,Barcelona. España.1978.
42. Cuesta, R.- Acerca de la interdisciplinariedad. Interdisciplinariedad en la E.S.O. En: Investigación en la escuela. Nº32. pp. 97-102. Diada Editora S.A. sevilla. 1997.
43. Chagín, M.- Naturaleza transaccional de la pedagogía dialógica. En: Ensayos disciplinares. Nº 1. Septiembre. pp.37-50. Universidad Autónoma del Caribe. Colombia.1998.
44. Chibás, F.- La motivación para crear en los marcos de la educación: algunas reflexiones y apuntes críticos. En: Revista Cubana de Educación Superior. Vol 14. No.2 . MES.1994.
45. Danilov, M.A. y Skatkin, M.N.- Didáctica de la escuela media. Editorial Libros para la Educación. La Habana. 1979.
46. Delors, J.- La educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI. Ediciones UNESCO. París.1996.
47. -----.- Formar a los protagonistas del futuro. En: El Correo de la UNESCO. Abril. pp. 6-11. París. 1996.

48. Delval, J.-¿Cantidad o calidad? Cuadernos Pedagógicos. No.225. pp.21-30. Barcelona. 1994.
49. De la Luz y Caballero.- Informe sobre la escuela náutica. En: José de la Luz y Caballero y la pedagogía de su época. Perla Cartaya. Editora Ciencias Sociales. La Habana. 1989.
50. Del Pino, J.L.- La orientación profesional en los inicios de la formación superior pedagógica. Una propuesta desde el enfoque problematizador. Tesis de doctorado. ISPEJV, La Habana.1998.
51. Devlin, R.- Fisiología Vegetal.Omega S.A. Barcelona,España. 1975.
52. D'Hainaut, L.y otros.- Programas de estudios de Educación Permanente. UNESCO, Paris. 1980.
53. Dickson, D.- Libre acceso o culto al secreto. En: El Correo de la UNESCO. Mayo. París. 1999.
54. Domínguez, L.- Cuestiones psicológicas del desarrollo de la personalidad. UH La Habana.1990.
55. Dumas-Caré, A. Y otros. Formación inicial del profesorado de ciencias en Francia, Inglaterra y Gales y España. Análisis de la organización de los estudios y nuevas tendencias. En: Enseñanza de las Ciencias. 8(3). Pp 274-281. España. 1990.
56. Durasievich, Y. y Stepanian, L.- Las relaciones intermaterias como principio didáctico y su significado para la determinación de la estructura del plan de estudio y del contenido de la educación general. En: Conferencias sobre educación socialista. MINED. pp. 164-175. La Habana. 1972.
57. Engels, F.- Dialéctica de la Naturaleza. En: Obras Escogidas de C.Marx y F.Engels, Editorial Progreso. Moscú. 1987.
58. Ershov, Y.- Ciencia, cultura, sociedad. En: Ciencias Sociales. Nº 2 (68). pp-24-29. Editorial Ciencias Sociales. Moscú. 1987.
59. Fariñas ,G.- La selección de tareas docentes en el proceso de dirección de la enseñanza superior. Vicerrectoría Docente Univ. de La Habana. fotocopia de mm. s/f.
60. Fazenda, I.- Práticas interdisciplinares na escola. Editorial Cortez. Sao Paulo, Brasil. 1994.
61. Fedoseev, P.N. y otros. Metodología del conocimiento científico. AC-URSS Y ACC.Editorial Ciencias Sociales. La Habana. 1975.
62. Fernández, A.M.^a- La competencia comunicativa como factor de eficiencia profesional del educador. Tesis de doctorado. ISPEJV. La Habana.1996.
63. Fernández, J y Elórtogui, N.- Qué piensan los profesores acerca de cómo se debe enseñar. En: Enseñanza de las Ciencias. 14(3). pp 331-342. España. 1996.
64. Fernández, M.- Las tareas de la profesión de enseñar.Siglo XXI España S.A. Madrid.1994.
65. Ferreira, M.A.- Ciência e interdisciplinaridade. En: Práticas interdisciplinares na escola. pp.19-22. Editorial Cortez. Sao Paulo, Brasil. 1994.
66. Ferreiro R. y otros.- Anatomía y fisiología del desarrollo e higiene escolar. Pueblo y Educación. La Habana. 1986.
67. Fiallo, J.- La relación intermaterias: una vía para incrementar la calidad de la educación. MINED. La Habana. 1996.
68. Frolov, I.- Interacción de las ciencias y los valores humanitarios. En: Ciencias sociales Nº2(68). Editorial Ciencias Sociales. Moscú. 1987.
69. Furió, M. y otros.- Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados y tendencias.En: Alambique No.7 Enero.GRÃO, Barcelona.1996.
70. Galar, I.- Electricidad y Magnetismo para estudiantes de ciencias biológicas. Editorial LIMUSA. México. 1988.

71. Gallegos, J.A.- Reflexiones sobre la ciencia y la epistemología científica. En: Enseñanza de las Ciencias. 17(2). pp.321-326. Barcelona. 1999.
72. García, G. y Addine, F.- Formación pedagógica y profesionalización permanente de los docentes. Soporte electrónico. IPLAC. La Habana.1997.
73. García, J.- Curso: Planeamiento, desarrollo y evaluación curricular. Material de estudio. Impresión ligera y soporte electrónico. ISPEJV. La Habana. 1998.
74. ----- y C.Castillo.- El enfoque personológico en el trabajo del maestro. Investigación terminada. ISPEJV.La Habana. 1994.
75. ----- y otros.- Curso: Dirección y diseño curricular. Resumen de contenido. mm. ISPEJV. La Habana. 1993.
76. García, J.E. y Javier, E.- El debate de la interdisciplinariedad en la E.S.O.: el referente metadisciplinar en la determinación del conocimiento escolar. En: Investigación en la escuela. Nº 32. pp.10-18. Diodo Editora S.A. Sevilla. 1997.
77. García, R.- El conocimiento del mundo físico en la teoría de Piaget. En: Cuadernos de Pedagogía. No 69. sept. pp 33-37. Cataluña. 1980.
78. Gil D.- Orientaciones didácticas para la formación continuada del profesorado de ciencias. En: Diagnóstico sobre la formación inicial y permanente del profesorado de ciencias y matemática en los países iberoamericanos. Nivel medio. pp.71-81. IBERCIMA. OEI. España. 1994a.
79. -----.- Concepciones del profesorado sobre la ciencia y la enseñanza de las ciencias. Curso de postgrado. IPLAC. La Habana. 1996^a.
80. -----.- Atención a la situación del mundo en la educación científica. Curso de postgrado. IPLAC. La Habana. 1999^a.
81. ----- y otros.- La formación del profesorado de las ciencias y la matemática. Tendencias y experiencias innovadoras. Editorial Popular S.A. Madrid. 1994b.
82. -----.-Postgrado. Sobre evaluación. Material de estudio en soporte electrónico. México, D.F. 1998.
83. ----- et al.- ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? En: Enseñanza de las Ciencias. 17(2),.pp. 311-320. Barcelona. 1999b.
84. ----- y Valdés, P.- Tendencias actuales en la enseñanza aprendizaje de la Física. En: Temas escogidos de la Didáctica de la Física. pp. 1-20. Pueblo y Educación. La Habana. 1996b.
85. Gimeno, J.- Dilemas y opciones. En: Cuadernos de Pedagogía No.225.pp 10-15. Barcelona. 1994.
86. ----- y A.I. Pérez Gómez.- Comprender y transformar la enseñanza. Editorial Morata. Colección Pedagogía , Madrid. 1992.
87. Gómez Galo.- Universidad e interdisciplinariedad.Conferencia dictada en la Universidad de Xochimilco. Nov. México.mm. 1976.
88. Gómez, L.I.- Conclusiones del Entrenamiento Metodológico Conjunto al ISPEJV. 1998.
89. -----.- Intervención en la reunión para analizar la estrategia a seguir en la secundaria básica en el curso escolar 1999-2000. 1999a.
90. -----.- Discurso en el Claustro Solemne por el 35º Aniversario del ISP "Enrique J. Varona". 9/7/99. 1999b.
91. González, V.- Notas del postgrado sobre Motivación Profesional impartido en el ISPEJV. 1992.
92. -----.-Motivación Profesional y personalidad. Bolivia. 1994.
93. González Rey, F.- Comunicación, Personalidad y Desarrollo.Pueblo y Educación. La Habana. 1995.
94. -----.-Epistemología cualitativa y subjetividad. Pueblo y Educación. La Habana. 1997.

95. ----- y A. Mitjáns.- La personalidad, su educación y desarrollo. Pueblo y Educación. La Habana.1989.
96. Gozzer, G.- Un concepto aún mal definido: la interdisciplinariedad. En: Perspectiva Vol.XII, No.3 UNESCO, París. 1992.
97. Grabovski, R.I.- Curso de Física. Vneshtorgizdat. Moscú. 1985.
98. Guyton, A.- Tratado de Fisiología Médica. Pueblo y Educación La Habana. 1985.
99. Gvishiani, D.- Bases filosóficas de las investigaciones sistémicas. En: Ciencias Sociales Nº2(68). Editora Ciencias Sociales. Moscú. 1987.
100. Halliday, D.y Resnick, R.- Fundamentals of Physics. Soporte electrónico. 1997.
101. Hurd, P.- New minds of a new age: prologue to modernizing the science curriculum. En: Science Education. 78(1). Pp 103-116. John Wiley & Sons Inc. EE.UU. 1994.
102. Kapitsa, P.- Experimento, teoría , práctica. MIR. Moscú.1985.
103. Kedrov, B.M.- Clasificación de las Ciencias.(3 tomos).Edit.Progreso. Moscú.1973.
104. Kirby, M.- Diagnósticos genéticos y discriminación. En: El Correo de la UNESCO. Mayo. pp. 29-35. París. 1998.
105. Kuptsov, V.- El reduccionismo y la ciencia contemporánea. En: Ciencias Sociales. Nº2(68). pp. 45-58. Editora Ciencias Sociales. Moscú. 1987.
106. Kourí, J.R.y otros.- Biología Celular . Libros para la Educación. La Habana. 1981.
107. Kutukdjian, G.- Ciencia y responsabilidad social. En: El Correo de la UNESCO. Mayo. pp. 4-6. París. 1998.
108. Labarrere, G.- La orientación profesional pedagógica en el ISPEJV. mm. 1989.
109. Labarrere, G.y G. Valdivia.- Pedagogía. Pueblo y Educación. La Habana.1989.
110. Lage, A.- Ciencia en el mecanismo capitalista de hoy. Conferencia impartida en la sesión constitutiva de la cátedra "Ciencia y Sociedad" de la Universidad de La Habana. 4-6-1999. La Habana. 1999 a.
111. -----.- Ciencia y soberanía. Los retos y las oportunidades. Sitio Web de la Academia de Ciencias. 1999b.
112. Lavrova, I.V.- Curso de Física. Editorial Vnieshtorgizdat. Moscú. 1987.
113. López, C.L.- El desarrollo de la habilidad modelar actividades del proceso pedagógico a un nivel creativo. Tesis de Maestría. ISPEJV. La Habana. 1997.
114. López, N .- Modificación curricular de las instituciones educativas: los PEI de cara al siglo XXI.Libros y Libres.S.A.Colombia. 1996.
115. Lück H.- Pedagogía interdisciplinar. Fundamentos teórico-metodológicos. 2ª edición. Petrópolis. Editorial Vozes. Brasil. 1994.
116. Macedo, B.- Tendencias actuales en la enseñanza de las ciencias. Conferencia impartida en el V Taller Internacional sobre Enseñanza de la Física. IPLAC. La Habana. 1998.
117. Macedo, B. y Furió, M.- Mesa redonda del I Congreso de enseñanza de las ciencias. IPLAC. La Habana. 1999.
118. Makarov, I.M.- Cybernetics of living matter. Editorial MIR. Moscú. 1987.
119. Mañalich, R.- Interdisciplinariedad y didáctica: vías para la transformación del desempeño profesional de los docentes de humanidades. Taller interdisciplinar con jefes de departamento de humanidades de los centros de referencia de Ciudad de La Habana. Material impreso. MINED. La Habana. 1998.
120. Marín, N.- Fundamentos de didáctica de las ciencias experimentales. Universidad de Almería. Servicio de publicaciones. España. 1997.
121. Martínez, L.C.- La noción de interdisciplinariedad en el programa de formación de docentes del CISE. En: Perfiles educativos. UNAM. Nos.43-44.Ene-jun. México.1989.
122. Martínez, M.- Enseñanza problémica y pensamiento creador. ISPEJV. La Habana. 1998.

123. Martínez, M.- Calidad educacional, actividad pedagógica y creatividad. Editorial Academia. La Habana. 1999.
124. Martinov, V.- La revolución científico-técnica y las contradicciones de la economía capitalista. En: Ciencias Sociales N°2(68). Editorial Ciencias Sociales. Moscú. 1987.
125. Mayor, F.- Sin un futuro compartido no habrá futuro. En: El Correo de la UNESCO. Mayo. pp. 36-37. París. 1998.
126. Mc. Donald- Burns.- Física para las ciencias de la vida y la salud. Fondo Educativo Interamericano S.A. 1987.
127. MES.- Estudio sobre tendencias de la educación superior. 24 pp. Documento html. La Habana. 1999a.
128. MES.- Ciencia e innovación tecnológica en la universidad. 13 pp. Documento html. La Habana. 1999b.
129. MES.- Tendencias internacionales de la creación científica y tecnológica de las universidades. 17pp. Documento html. La Habana. 1999c.
130. Mezentsev, V.- Enciclopedia de las Maravillas. MIR Moscú. 1979.
131. MINED.- Anatomía, Fisiología e Higiene del hombre. 9no.grado.Pueblo y Educación .La Habana. 1980.
132. ----- Orientaciones generales para la elaboración de programas de disciplina. Dpto.de FPP Especialidad de Biología.mm 1989.
133. ----- Licenciatura en Educación. Programas directores .Plan C.La Habana, 1990.
134. ----- Textos de Biología de la Enseñanza Media. Pueblo y Educación.La Habana. 1990.
135. Mitjáns, A.- Creatividad, personalidad y educación. Pueblo y Educación.La Habana. 1995.
136. Modelo del Profesional,especialidad de Biología. mm ISPEJV. 1989.
137. Moltó, E.- Didáctica General Contemporánea. Soporte electrónico. ISPEJV. La Habana. 1998.
138. Moncayo, L.G.- La tecnología Educativa y el currículum interdisciplinario. En: Rev.Educación No.9 Jul-ago. pp 56-65. Jalisco,México. 1979.
139. Morin, E.- Por una reforma del pensamiento. En: El Correo de la UNESCO. Febrero. pp.10-14. 1996.
140. Núñez, J.- La ciencia y la tecnología como procesos sociales. Lo que la educación científica no debería olvidar. Soporte electrónico. La Habana. 1998a.
141. -----.- Algunas nociones de interdisciplinariedad y los sistemas complejos. Fotocopia. La Habana. 1998b.
142. -----.-Educación y relaciones CTS. Conferencia ofrecida en la Facultad de Ciencias del ISPEJV. (25/5). La Habana. 1999.
143. Ornelas, C.- Globalización y conocimientos: nuevos desafíos para las universidades latinoamericanas. En: Rev.Educación Superior y Sociedad. Vol.6,No.2. pp134-142.CRESALC, UNESCO, Venezuela. 1995.
144. Ortega, J.- Curiosidad y preocupación. En: Contactos. N°8. pp-20-21. U.A.M. México. 1995.
145. Ortega.P.y otros.- La formación de actitudes positivas hacia el estudio de las ciencias experimentales. En: Revista Educación.No301.Madrid. Soporte electrónico. 1993.
146. Ortiz, J.A.- La universidad como agente de transformación social. En: Ensayos disciplinares. N°1. Septiembre. pp.23-29. Universidad Autónoma del Caribe. Colombia. 1998.
147. Parra, I.- La enseñanza centrada en el estudiante: una vía para la profesionalización pedagógica del maestro en formación. Tesis de Maestría.ISPEJV. La Habana. 1997.

148. Peña, M.D.- Interdisciplinaridade: questão de atitude. En: Práticas interdisciplinares na escola. pp. 57-64. 2ª edición.. Editorial Cortez. Sao Paulo. 1994.
149. Perera, F.- Efectividad del curso de Física General para biólogos en el aumento de la calidad del aprendizaje y de la motivación preofesional de los estudiantes. ISPEJV.mm La Habana. 1995.
150. -----.- Programa de la disciplina Física para la Lic.en Educación. Especialidad Biología . MINED. 1993.
151. -----.- Programa de la disciplina Física General para la Carrera de Biología.Plan C. MINED. 1990.
152. -----.- Selección de tareas de Física para biólogos. Impresión ligera. ISPEJV. 1999.
153. -----.- Seminarios y orientación profesional. Tercer Taller Internacional de enseñanza de la Física.IPLAC. La Habana. 1996.
154. -----.- La Física aplicada al deporte. Curso de postgrado. ISPEJV. La Habana. 1997.
155. -----.- Interdisciplinariedad en los Departamentos de Ciencias. Material para el postgrado a los J.Dpto. de Ciencias de la enseñanza media. ISPEJV. La Habana. 1998.
156. -----.- Las relaciones interdisciplinarias de la Física en las carreras de Química y de Biología de la Licenciatura en Educación. Ponencia a la Reunión Científica de Profesores de la Facultad de C. Naturales. La Habana. 1986.
157. Poce, J.R.- Dialéctica de las actitudes en la personalidad. Editorial Científico-Técnica. La Habana. 1981.
158. Pozo,J.I.- La crisis de la educación científica.Volver a lo básico o volver al constructivismo? En: Alambique. No.14. octubre. pp 98-110. Editorial GRAO, Barcelona. 1997.
159. -----.- Aprendizaje de la ciencia: más allá del cambio conceptual. Conferencia. IPLAC. La Habana. 1998.
160. Pro de, A.- Reflexiones para la selección de contenidos procedimentales en ciencias. En: Alambique Nº 6. Octubre. pp.77-87. Editorial GRÃO. España. 1995.
161. -----.- Contextualización del problema metodológico en la Didáctica de la Física. En: Melilla Nº 8. Octubre. pp.169-184. Universidad de Granada. 1985.
162. -----.- La innovación didáctica y el trabajo en el aula de Física. Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Granada. Fotocopia. 1990.
163. Prigogine, I.- Una nueva convergencia de la ciencia y la cultura. Fotocopia. pp. 9-13. s/f.
164. Ramírez, Z. y otros.- Formación de profesores de Física en los países del tercer mundo. Ponencia. III Taller Internacional sobre Enseñanza de la Física. IPLAC. La Habana. 1996.
165. Rebollar, M.- El trabajo grupal como alternativa pedagógica para la educación permanente de los profesionales de la educación. Informe de Investigación .ISPEJV.La Habana. 1997.
166. Rechetnikov,V y otros.- Conferencias sobre Psicología Pedagógica. Libros para la Educación. La Habana. 1981.
167. Rémozov, A.- Física médica y biológica. MIR , Moscú. 1991.
168. Rivery, J.- La epidemia de la globalización. Artículo en Granma. Pag.4. Edición 18-1-1997.
169. Rodríguez, J.L.- Didáctica General. Primera parte. Editorial Cincel S.A. Madrid. 1980.
170. Rodríguez, R.- Universidad y globalización en A.Latina. En: Rev.Educación Superior y Sociedad. No.2 . CRESALC , UNESCO, Venezuela. 1995.
171. Roederer, J.G.- Reflexiones sobre una universidad interdisciplinaria. En: Educación Superior y Sociedad.Vol 7.No.2: 51-56, CRESALC. UNESCO. Venezuela. 1996.

172. Rozada, J.M.- Los profesores y la encrucijada por donde pasan no solo (aunque también) las disciplinas. En: Investigación en la escuela. Nº32. pp.87-96. Diada Editora S.A. Sevilla. 1997.
173. Russell, B.- Divorcio entre la ciencia y la cultura. En: Correo de la UNESCO. Febrero. París. 1996.
174. Salazar, D.- Interdisciplinariedad como estrategia didáctica para la formación científica investigativa. Trabajo presentado en el Grupo de Didáctica de la Facultad de Ciencias de la Educación. Soporte electrónico. ISPEJV. La Habana. 1999.
175. Sánchez, A.J.- Metodología de la enseñanza universitaria: un enfoque interdisciplinario. En: Perfiles educativos. Nº. extraordinario de diciembre. UNAM, México. 1979.
176. Sánchez, J.M^a.- Formación permanente de profesores. Problemas y perspectivas. En: Alambique Nº 15/febrero. La formación del profesorado en ciencias.pp.7-13. Editorial GRÃO. Barcelona. 1998
177. Sánchez,T.- El enfoque globalizador. Fotocopia. España. 1994.
178. Scientific American.- Física y Química de la vida. Alianza Editorial. Madrid. 1969Sitarov,V.I.- Hoy estudiante, mañana maestro.Edit.Progreso. Moscú. 1991.
179. Silvestre, M.- Aprendizaje, educación y desarrollo. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 1999.
180. Soto del Rey, R.- Introducción a la Biofísica.Cuatro tomos. Edit.Oriente. Cuba. 1988.
181. Stiopin, V.- Naturaleza pronosticadora del saber filosófico. En: Ciencias Sociales. Nº2(68). Editorial Ciencias Sociales. Moscú. 1987.
182. Taba, H.- Elaboración del currículo. Teoría y Práctica. Editorial Troquel S.A. Buenos Aires.1974.
183. Talízina,N.- Psicología de la Enseñanza.Editorial Progreso, Moscú.1988.
184. Torres, J.- Contenidos interdisciplinarios y relevantes. En: Cuadernos de Pedagogía No.225.Mayo, Barcelona. 1994.
185. -----.- Globalización e interdisciplinariedad: el currículo integrado. Editorial Morata S.L. Colección Pedagogía. Madrid. 1994.
186. UNESCO.- Nuevas tendencias en la enseñanza integrada de las ciencias. Vol.4. Montevideo,Uruguay.1979.
187. Vaideanu, G.- La interdisciplinariedad en la enseñanza: ensayo de síntesis. En: Perspectivas. Vol.XVII, Nº 4, pp. 531-544. UNESCO. París. 1987.
188. Valdés, P.- Postgrado La formación profesional del profesor de Física. Dpto. de Física. Facultad de Ciencias. ISPEJV.La Habana. 1998.
189. ----- y otros.- Elevación del papel de los cursos de Física y Metodología de la Enseñanza de la Física en la formación profesional de los estudiantes de la Licenciatura en Educación. Ponencia. IV Taller Internacional sobre Enseñanza de la Física. IPLAC. La Habana. 1997.
190. ----- y otros.- Transformaciones en el curso de Física de la Secundaria Básica cubana. Ponencia. V Taller Internacional sobre Enseñanza de la Física. IPLAC. La Habana. 1998.
191. Valdés, R. y Valdés, P.- Tres ideas básicas de la Didáctica de las Ciencias. Soporte electrónico. La Habana. 1999.
192. Valcárcel, M.V.y otros .- Problemática didáctica del aprendizaje de las ciencias experimentales. Universidad de Murcia. España. 1990
193. Varona, E.J.- Trabajos sobre educación y enseñanza. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 1992.
194. Zatsiorski, V .- Biomecánica de los ejercicios físicos. Editora Pueblo y Educación. La Habana. 1990.
195. Zilberstein, J.- Mesa redonda del I Congreso de Enseñanza de las Ciencias. IPLAC. La Habana. 1999.

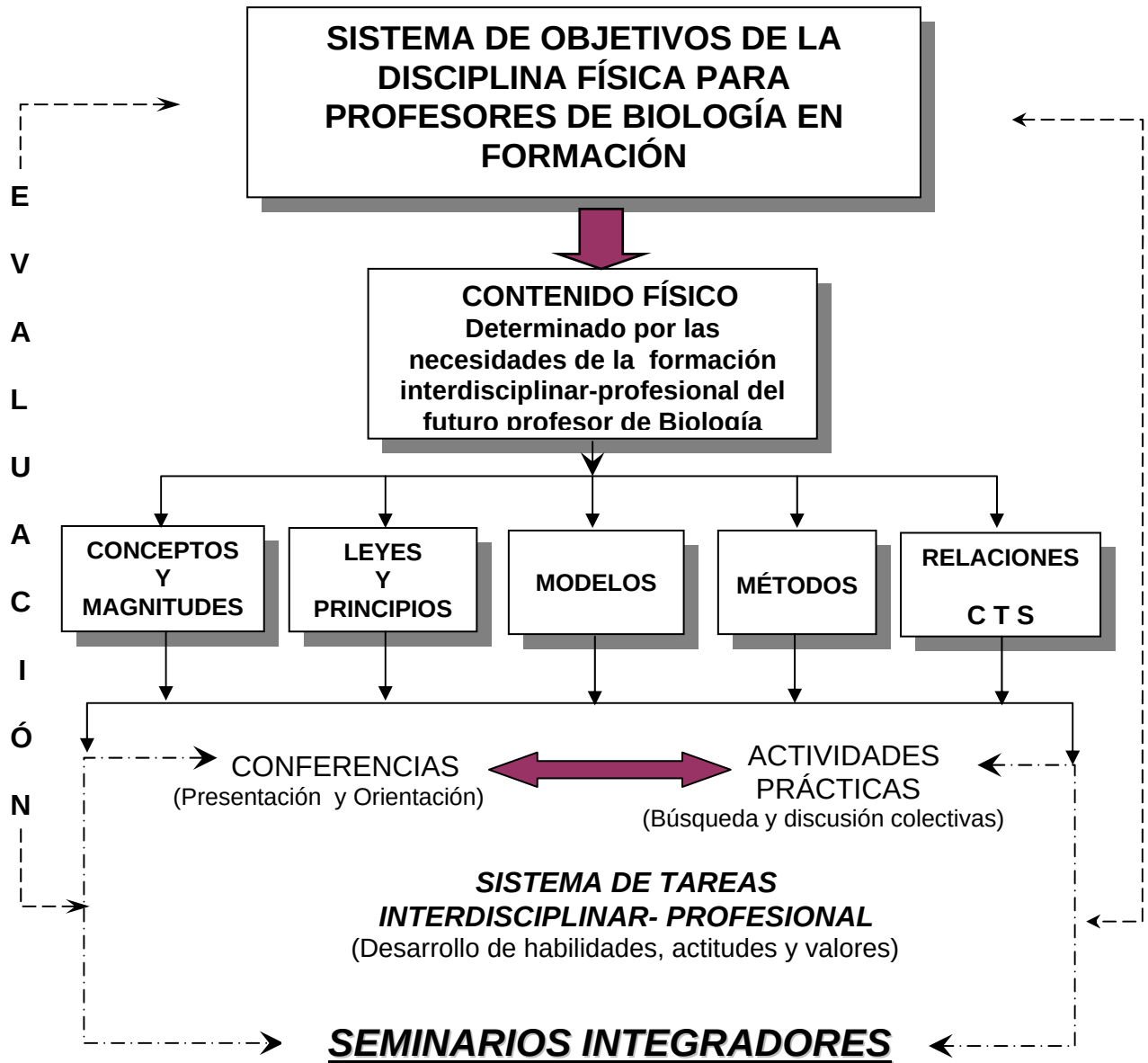
Tabla 3. Cuadro comparativo entre el curso de física interdisciplinar-profesional y los anteriores cursos

	CURSOS ANTERIORES	CURSO INTERDISCIPLINAR-PROFESIONAL
--	-------------------	------------------------------------

OBJETIVOS	Centrados en los conocimientos. Determinados según el criterio personal de los autores, desde posiciones de la Física. No respondían a las necesidades de la formación profesional de los estudiantes.	Derivados del modelo del profesional. Centrados en los estudiantes. Conveniados con los estudiantes. Subrayan el carácter cultural de la ciencia. Subrayan la formación interdisciplinar, como parte de la formación profesional de los estudiantes. Dirigidos a lograr transformaciones conceptuales, en las formas de actuación, en las actitudes y los valores. Responden a las tendencias actuales de la Didáctica de las Ciencias.
CONTENIDOS	Enciclopédico, fragmentado, sin vínculos con las necesidades e intereses de los estudiantes. Centrado en los conocimientos. La ciencia como sistema acabado de conocimientos, inmutables, elitista y descontextualizada. Distribución y secuenciación de acuerdo al libro de texto. Nivel matemático por encima de las posibilidades y necesidades de los estudiantes. Solución de problemas cuantitativos. Atención preponderante al cálculo numérico.	Contenidos interdisciplinarios. Comprende los conocimientos, habilidades, actitudes y valores. Contextualizado y significativo, en función de las necesidades de la formación profesional de los estudiantes. Vinculado con los contenidos de la Física y de la Biología de la escuela media.
MÉTODOS	Verbalista, de transmisión y recepción. Autoritarismo. Aprendizaje memorístico. Nivel reproductivo.	El estudiante como sujeto de la formación profesional de su personalidad. Familiariza a los estudiantes con los métodos de la actividad científica contemporánea y del profesor en la escuela, en particular con métodos de trabajo interdisciplinar. Dirigido a la integración, generalización y aplicación de los contenidos. Sistema de tareas interdisciplinar-profesional, especialmente diseñado para el curso. Relaciones interpersonales dialógicas.
EVALUACIÓN	De resultados. Según los criterios del profesor.	Integral y procesal. Sistémica. Favorece el desarrollo de los estudiantes. Consensuada, negociada. Autoevaluación y evaluación en el colectivo. Evaluación continua del proceso.
MEDIOS	Textos de Física disponibles. Medios audiovisuales diseñados y utilizados por el profesor.	Textos de Física disponibles. Textos de Fisiología, Biología Celular, de Medicina y otros de la especialidad. Revistas especializadas y de divulgación científica, como: Scientific American, Nature, Le Recherche o sus versiones en español. Muy interesante, Conocer y otras. Medios audiovisuales diseñados, confeccionados y utilizados por el profesor y por los estudiantes. Uso de informaciones de Internet.

--	--	--

METODOLOGÍA INTERDISCIPLINAR-PROFESIONAL



METODOLOGÍA INTERDISCIPLINAR-PROFESIONAL EN EL TEMA CAMPO ELÉCTRICO



METODOLOGÍA INTERDISCIPLINAR-PROFESIONAL EN EL TEMA DINÁMICA

