

Espacios curriculares como organizadores de contenidos en carreras biológicas: aportes desde la Física

Luis A. Marino¹ - Ricardo A. Carreri^{1,2,3} - Gloria E. Alzugaray^{2,3}

¹Facultad de Humanidades y Ciencias y ²Facultad de Ingeniería Química
Universidad Nacional del Litoral - Argentina

³Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina
lmarino@fiquis.unl.edu.ar - rcarreri@fiquis.unl.edu.ar - galzugar@frsf.utn.edu.ar

A partir del nuevo diseño curricular de las carreras Profesorado en Biología y Licenciatura en Biodiversidad, surgido en el Departamento de Ciencias Naturales (Facultad de Humanidades y Ciencias - Universidad Nacional del Litoral), se propone establecer espacios curriculares interdisciplinarios (bioceular, biodiversidad y ecología), centrados en asignaturas obligatorias del área disciplinar biológica.

Este trabajo parte de un análisis y revisión de los contenidos propuestos desde Física General y requeridos desde las asignaturas biológicas de las carreras antes mencionadas; para ser implementado mediante un enfoque interdisciplinario a través de la resolución de "situaciones problemáticas" que acerquen al alumno desde el inicio de su carrera a actividades propias del futuro campo profesional.

Palabras clave: enfoque interdisciplinario, Física, Biología, estrategias didácticas, espacios curriculares.

Starting from the new curricular design of the careers Professorship in Biology and Licenciate in Biodiversity, arisen in the Department of Natural Science (Facultad de Humanidades y Ciencias – Universidad Nacional del Litoral), interdisciplinary curricular spaces (bioceular, biodiversity and ecology) are proposed, centered in obligatory subjects of the biological disciplinary area.

This work start of an analysis and revision of the contents proposed from General Physics and required by of biological subjects of the above mentioned careers; to be implemented by means of an interdisciplinary focusing through the resolution of "problematic situations" that bring near the student from the beginning from its career to activities characteristic of the future professional field.

Keywords: interdisciplinary focusing, Physics, Biology, didactical strategies, curricular spaces.

Introducción

En el ámbito de la Facultad de Humanidades y Ciencias (Universidad Nacional del Litoral) funciona la Comisión Permanente de Seguimiento y Evaluación Curricular, integrada por representantes docentes de diferentes departamentos y alumnos. La misma realiza acciones de evaluación de carácter participativo, destinadas a la observación y medición de resultados de la implementación y desarrollo de los planes y programas de estudio.

Como consecuencia del diagnóstico elaborado por dicha comisión durante el período 2000 - 2004, relacionado a la organización académica, los planes de estudio, las prácticas

pedagógicas y la evaluación de los aprendizajes, se detectan las siguientes dificultades que pueden obstaculizar en los alumnos alcanzar un aprendizaje significativo y relevante.

Las situaciones de aprendizaje propuestas a los alumnos no siempre tienen en cuenta sus centros de interés¹ o preocupaciones personales, por lo que no les resultan suficientemente motivadoras.

Los contenidos se dictan suponiendo que la realidad de los fenómenos naturales posee una estructura lógica, la cual se puede conocer tal como está establecida en la disciplina base.

Los docentes de algunas disciplinas manifiestan un cierto grado de desconocimiento de los enfoques y metodologías aplicadas por otras.

¹ Al hablar de "Centros de interés" nos referimos a las "ideas ejes" en torno a las cuales convergen las necesidades, deseos fisiológicos, psicológicos y sociales del alumno.

Las clases son predominantemente magistrales y las actividades didácticas cerradas, las cuales dificultan en los alumnos el desarrollo de un pensamiento autónomo, crítico y reflexivo.

Consideramos que una manera de superar las dificultades expuestas sería construyendo el conocimiento en forma interdisciplinaria, proponiendo actividades que se caractericen por: su perfil realista, su naturaleza compleja, su carácter abierto, la exigencia de trabajar colectivamente, la necesidad de utilizar múltiples fuentes cualitativamente diferentes de áreas distintas, la obligación de emplear y desarrollar procedimientos y recursos complejos y diversos.

El objetivo de esta investigación es detectar y analizar los conceptos Físicos requeridos por las asignaturas biológicas obligatorias de las carreras Profesorado en Biología y Licenciatura en Biodiversidad, generadoras de los espacios curriculares de integración. Esto permite identificar relaciones potenciales entre los campos conceptuales de las áreas disciplinares involucradas, a partir de las cuales se podrán proponer situaciones problemáticas que para su resolución requieran de un abordaje interdisciplinar.

Marco Teórico

En nuestro país una forma clásica de diseñar los currícula de carreras universitarias responde a un modelo lineal, según el cual, todos aquellos conocimientos que se consideran válidos y necesarios para una formación integral del alumno, se organizan en áreas disciplinares.

Según Morín (2001), *“la disciplina es una categoría organizadora dentro del conocimiento científico; instituye en éste la división y la especialización del trabajo y responde a la diversidad de dominios que recubren las ciencias; y por más que esté inserta en un conjunto científico más vasto, una disciplina tiende naturalmente a la autonomía, por medio de la delimitación de sus fronteras, por el lenguaje, las técnicas que tiene que utilizar y eventualmente, por las teorías propias”*.

Una organización disciplinar produce una fragmentación y división de los saberes e induce a una visión parcializada de la realidad.

Los problemas que se presentan en el mundo social y natural son cada vez más complejos e interdependientes. No se limitan a sectores o disciplinas particulares y en algunos casos no son predecibles. Son fenómenos emergentes con dinámicas no lineales. Los efectos retroalimentan a las causas, las incertidumbres están presentes y suceden efectos inesperados. Por lo tanto, la “Realidad” es un nexo de fenómenos interrelacionados que no se pueden reducir a una sola dimensión (Morín, 1994).

Estas cuestiones apuntan hacia la necesidad de desarrollar en los alumnos un pensamiento complejo (Morín, 2001) que permita *“analizar las relaciones e inter - retro - acciones entre todo fenómeno y sus causas, las cualidades que surgen de las relaciones recíprocas entre el todo y sus partes, y al mismo tiempo reconozca la unidad dentro de lo diverso, y lo diverso dentro de la unidad”* y una forma de aprender que puede potenciarse a través de la interdisciplinariedad.

La interdisciplinariedad persigue como objetivo epistemológico la reunificación del saber y el logro de un cuadro conceptual global, mientras que como objetivo metodológico pretende investigar multilateralmente la realidad, por el propio carácter variado, multifacético y complejo de la misma y la necesidad de obtener un saber rápidamente aplicable, en consonancia con la creciente interrelación entre ciencia, tecnología y sociedad (Álvarez Pérez, 2004).

De acuerdo al punto anterior consideramos que desde el ámbito educativo se debe proponer a los alumnos actividades que, expresadas en tareas concretas, se caractericen por su carácter realista, su naturaleza compleja, su carácter abierto, la exigencia de trabajar colectivamente, la necesidad de utilizar múltiples fuentes cualitativamente diferentes de áreas distintas, la obligación de emplear y desarrollar procedimientos y recursos complejos y diversos.

Contexto del estudio

Para superar las deficiencias detectadas por la Comisión de Evaluación y Seguimiento Curricular de la Facultad de Humanidades y

Ciencias, en relación a las carreras: Profesorado en Biología y Licenciatura en Biodiversidad, creemos que es necesario proponer a los alumnos actividades que favorezcan una construcción interdisciplinaria de sus aprendizajes; según Perera (1998) *“dichas actividades preparan al estudiante para realizar transferencias de contenidos que le permitan solucionar holísticamente los problemas que enfrentarán en su futuro desempeño profesional”*.

Como tarea previa a la aplicación de una estrategia interdisciplinaria se debe elaborar un marco referencial en el que se integren, organicen y articulen los aspectos fragmentarios que han sido considerados desde las diferentes disciplinas implicadas (Álvarez Pérez, 2004).

Para esto se propone establecer espacios curriculares formados por asignaturas biológicas que se caractericen por integrar en sí misma conocimientos y habilidades profesionales, y se articulen con los contenidos de otras asig-

naturas básicas, como Física General, Química General, Estadística, etc. En dichos espacios, con la participación de un colectivo docente de distintas disciplinas, se abordarán situaciones problemáticas interdisciplinarias (Marino et al, 2005).

Los espacios curriculares surgen de la agrupación de asignaturas biológicas obligatorias afines, mediante la detección de núcleos temáticos relevantes y su asociación (Cuadro 1) según un criterio que se desprende del análisis de los documentos rectores de la Reforma Curricular efectuada en el ámbito del Departamento de Ciencias Naturales de la Facultad de Humanidades y Ciencias (UNL) y que considera:

- el estudio de la unidad funcional de los seres vivos: la célula,
- el estudio en sí de los seres vivos: su clasificación, descripción estructural y funcional,
- la interacción de los seres vivos, entre ellos y con el hábitat.

Cuadro 1. Asignaturas integradoras, sus núcleos temáticos y los espacios curriculares en las que se agrupan

Espacios curriculares	Asignaturas integradoras	Núcleos temáticos
Biocelular	Introducción a la Biodiversidad. Biología Molecular y Celular. Morfofisiología Vegetal. Genética.	La célula como unidad estructural. La célula como unidad funcional. Genética, herencia y evolución.
Ecología	Ecología General. Gestión Ambiental. Biología de la Conservación. Biogeografía.	Ecosistemas y comunidades. Especie y Población. Relaciones intra e inter específicas entre especies. La Biosfera. Contaminación ambiental.
Biodiversidad	Introducción a la Biodiversidad. Morfofisiología Vegetal. Diversidad de Moneras, Hongos y Protistas. Diversidad Animal I. Diversidad de plantas I. Diversidad Animal II. Diversidad de plantas II. Biología Humana I. Biología humana II.	Diferenciación y semejanzas de animales y vegetales. Organización y clasificación de plantas unicelulares e invertebradas. Organización y clasificación de plantas vasculares y vertebrados. Asimilación de la materia y empleo de la energía en los seres vivos. Coordinación, funciones vitales y reproducción de los seres vivos. Evolución adaptativa de las especies.

Las situaciones problemáticas propuestas por docentes, alumnos, o la comunidad, se nutren de los contenidos involucrados en los núcleos temáticos, que para ser abordadas desde un enfoque interdisciplinario requieren de estrategias didácticas centradas en el alumno e integradoras, con el objetivo de desarrollar en

él un aprendizaje contextualizado y significativo; por Ej.: método de casos, método realidad - teoría - práctica, método de proyectos, seminarios, talleres, informes, etc. (Bordenave y Pereira, 1982). Algunas de las mismas se encuentran detalladas en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Estrategias didácticas integradoras

Estrategias didácticas	Características
Método de casos	<ul style="list-style-type: none"> • Definición de la estrategia de trabajo: Comprende las formas de trabajo (individual o grupal), consignas del trabajo, fuentes de información disponibles, etc. • Presentación del caso al alumno o grupo de alumnos: El colectivo docente expone a los alumnos situaciones problemáticas reales o no, en base a la lectura de artículos científicos, descripción narrativa, secuencia de diapositivas, etc. • Definición de las hipótesis de trabajo: El alumno o el grupo de alumnos establecen las hipótesis de trabajo en base las fuentes de información brindada por el colectivo docente y bajo su supervisión. • Elaboración de la ó las soluciones: El o los alumnos proponen soluciones al caso presentado que requiere el análisis interdisciplinario del problema y la integración de los conceptos desarrollados en las diferentes disciplinas. • Presentación y análisis de las soluciones: Se presentan las soluciones propuestas por los alumnos o grupos a todos los alumnos y se efectúa un análisis crítico de los mismos, bajo la supervisión del colectivo docente. Se seleccionan las soluciones más viables. • Criterio de expertos: El colectivo docente expone una posible solución al problema planteado y su análisis interdisciplinario. • Contrastación: Se comparan las soluciones brindadas por los alumnos con la propuesta por los docentes. Se analizan diferencias, similitudes y se proponen soluciones alternativas.
Método realidad-teoría- práctica	Es similar al método de casos, pero a diferencia de aquel, la situación problemática se plantea en función a la observación de fenómenos de la realidad (salidas de campo, observaciones en laboratorio, etc.) y la cualificación y posterior cuantificación de los variables que la definen.
Método de Proyectos	Se entiende como tal, a la sistematización de actividades y recursos que se realizan con el fin de alcanzar alguna producción, por Ej. resolver cuestiones problemáticas, obtener bienes o prestar servicios que satisfagan alguna necesidad.

Las estrategias pueden implementarse como parte del curso regular de las asignaturas integradoras y/o mediante pasantías docentes y de investigación, previstas institucionalmente a partir del segundo año de la carrera. Los alumnos podrán desarrollar sus pasantías integrándose al colectivo Docente – Investigador vinculado al dictado de una asignatura integradora (pasantías docentes), o que participa

en diferentes proyectos de investigación y desarrollo como aparece en el Cuadro 3 (pasantías de Investigación). Por otro lado, la estrategia didáctica puede contemplar la posibilidad de socializar el conocimiento construido mediante talleres, monografías, o tesinas donde se presentará (con exposición) el análisis y evaluación del problema abordado.

Cuadro 3. Proyectos de Investigación desarrollados por docentes investigadores del Dpto. de Ciencias Naturales (FHUC; UNL) y agrupadas según los espacios curriculares propuestos

Espacios Curriculares	Proyectos de Investigación
Biocelular	Estudios comparativos entre poblaciones de Caimán Latiostris (Reptilia, Alligatoridae) de la provincia de Santa Fe a partir del análisis de ADN genómico. Identificación y preservación del ADN genómico de especies autóctonas de la Provincia de Santa Fe.
Biodiversidad	Cultivo de Orquídeas “In Vitro” para la obtención por medios extractivos de metabolitos secundarios de uso medicinal. Procreación en cautiverio del Yacaré Overo, con fines de preservación y explotación económica. Biodiversidad faunística de la Provincia de Santa Fe. Aportes a su conocimiento.
Ecología	Efectos de la contaminación por metales pesados (Cr, Cu, Cd y Pb) sobre el zooplancton en la sub- cuenca del Arroyo Cululú (Río Salado del norte de la provincia de Santa Fe). Influencia de agroquímicos utilizados en gramíneas y Soja sobre organismos acuáticos y terrestres. Perturbaciones antropogénicas en el Río Salado: Su evaluación en la comunidad de Peces. Efectos del P, N y metales pesados (Cr, Cd y Pb) sobre los macrófitos en ambientes leníticos.

Aspectos a considerar en la propuesta didáctica desde la disciplina Física

Esta investigación exploratoria con enfoque cuantitativo, busca detectar y analizar los conceptos físicos requeridos por las asignaturas biológicas obligatorias de las carreras Profesorado en Biología y Licenciatura en Biodiversidad, y que permitan definir los futuros puntos de contacto para la elaboración de situaciones problemáticas interdisciplinarias.

Se elaboró una encuesta (Anexo I) distribuida durante el primer y segundo semestre del año 2004, entre 18 profesores de las asignaturas que simultáneamente participan en los espacios curriculares comunes a las dos carreras (Cuadro 4). La misma permitió, examinar los conceptos abordados desde Física

General y requeridos por las asignaturas biológicas, para generar una estructura disciplinar integrada, estableciendo posibles líneas de investigación, determinando tendencias e identificando relaciones potenciales entre los campos conceptuales de las diferentes áreas disciplinares.

La encuesta indaga los conceptos relacionados a la asignatura Física General requeridos para el desarrollo de las actividades de cada asignatura integradora, su nivel de importancia y los conceptos sobre los cuales se detectaron dificultades.

Las asignaturas seleccionadas (Cuadro 4) pertenecen a los espacios curriculares comunes del Profesorado en Biología y Licenciatura en Biodiversidad, a la que se incorpora Biofísica, por ser interdisciplinaria entre Física y Biología.

Cuadro 4. *Asignaturas seleccionadas*

Espacio curricular Biocelular	Espacio curricular Biodiversidad	Espacio curricular Ecología
	Introducción a la Biodiversidad.	
Biología Molecular y Celular	Diversidad de Moneras, Hongos y Protistas	
Morfofisiología Vegetal	Diversidad Animal I	Ecología General
Genética	Diversidad de plantas I	Biogeografía
	Diversidad Animal II	
	Diversidad de plantas II	
Biofísica		

Análisis de la encuesta

I. Aporte conceptual de Física General, requerido por las asignaturas biológicas obligatorias, factibles de formar parte de los espacios curriculares de integración.

I-a. Discriminación según las asignaturas biológicas.

El valor medio que cuantifica el aporte conceptual de cada unidad temática “j” de Física General requerido por la asignatura biológica “a” (P_{ja}) se calcula por la ecuación I_1 .

$$P_{ija} = \sum_{j=1}^{i=N_j} \frac{\sum_{k=1}^{i=N_{ij}} V_{ij}^{ka}}{N_{ija}} \quad (I_1)$$

V_{ij}^{ka} = Valor asignado por el docente “k”, que dicta la asignatura “a”, al concepto “i” relacionado a la unidad temática “j” (excluidos ns/nc).

N_{ija} = Número total de docentes encuestados, pertenecientes a la asignatura “a”, con respuestas positivas.

Tabla 1. *Discriminación de los requerimientos conceptuales de las unidades temáticas de Física General según las asignaturas biológicas*

Asignatura	Cinemática	Dinámica	Energía y calor	Fluidos	Óptica y ondas	Electricidad y magnetismo
Principios de Biología Celular y molecular	2.14	2.63	3.29	2.75	2.83	1.71
Morfofisiología Vegetal	—	2.60	3.00	3.20	2.50	—
Genética	1.53	2.90	3.09	2.31	2.00	1.27
Introducción a la Biodiversidad	2.86	2.19	2.33	1.79	2.11	1.00
Diversidad de Hongos, moneras y protistas	1.00	1.25	1.56	1.29	2.11	1.00
Diversidad Animal I	1.00	2.80	2.39	3.00	2.72	1.56
Diversidad Animal II	1.00	2.63	2.56	3.43	3.44	2.00
Diversidad de Plantas I	1.00	1.00	1.11	1.00	1.33	1.00
Diversidad de Plantas II	1.00	1.00	1.11	1.00	1.33	1.00
Ecología General	1.43	1.75	3.55	2.36	2.61	1.31
Biogeografía	1.00	2.00	2.78	2.86	1.78	1.50
Biofísica	2.00	2.89	3.89	3.00	4.00	4.00

I-b. Discriminación según las unidades temáticas de Física General.

Los resultados obtenidos (en términos de valor medio) se discriminan según las unidades temáticas de Física General. Solo se contabilizan las respuestas positivas (se excluyen

aquellas correspondientes a ns/nc que se analizan por separado).

El valor medio del concepto “i” relacionado a la unidad temática “j” (P_{ij}) se calcula por la ecuación I_2 .

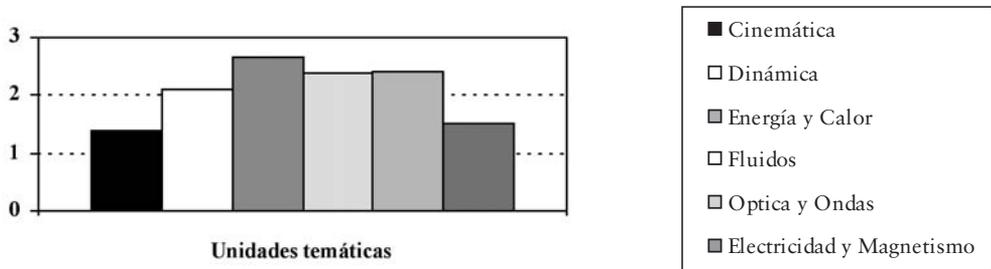
$$P_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{ij}} V_{ij}^k}{N_{ij}} \quad (I_2)$$

V_{ij}^k = Valor asignado por el docente “k” al concepto “i” relacionado a la unidad temática “j” (excluidos ns/nc).

Los valores considerados (ver Anexo I) según la encuesta son: 4 = alta demanda; 3 = demanda media; 2= baja demanda; 1= demanda nula.

N_{ij} = Número total de docentes encuestados con respuestas positivas ($14 \leq N_{ij} \leq 18$).

Gráfica 1. Discriminación de los requerimientos conceptuales requeridos por las asignaturas biológicas según las unidades temáticas de Física General

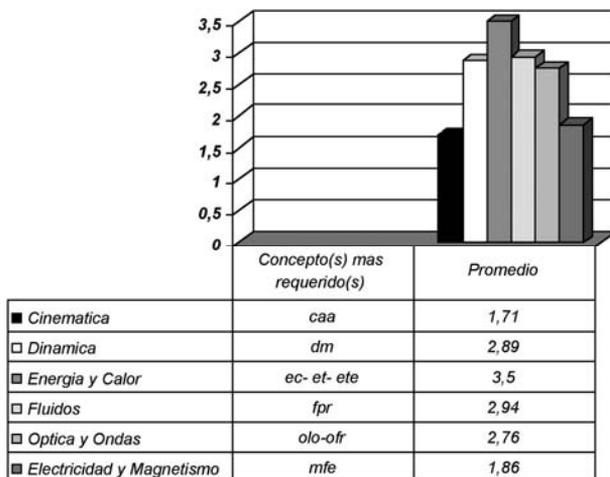


I-c. Discriminación de los conceptos más requeridos por las asignaturas biológicas, discriminados según las unidades temáticas de Física General.

Se determinan los conceptos más requeri-

dos por las asignaturas biológicas, en base al máximo valor medio del concepto “i” relacionado a la unidad temática “j” ($P_{ij}^{\text{máximo}}$), calculados por la ecuación I_2 .

Gráfica 2. Conceptos más requeridos por las asignaturas biológicas, discriminados según las unidades temáticas de Física General



Referencias.

caa: aceleración centrífuga,
dm: masa, etc: temperatura,
ec: calor, et: trabajo,
fpr: presión, olo: longitud de
onda, ofr: frecuencia de onda,
mfe: fuerza eléctrica

El análisis de la Tabla 1, las Gráficas 1 y 2, y los contenidos curriculares, programas y bibliografía de las asignaturas biológicas factibles de participar en los espacios curriculares de integración, nos orientan por un lado hacia una explicación sobre ¿por qué? se emplean

unos conceptos más que otros, y por otro nos permite detectar posibles puntos de contactos conceptuales entre las disciplinas, de los cuales se podrán nutrir las situaciones problemáticas integradoras. En el Cuadro 5 se realiza un análisis de los conceptos más requeridos.

Cuadro 5. Análisis de los conceptos más requeridos

Conceptos más requeridos	Análisis de las aplicaciones
Aceleración centrífuga	Su necesidad se asocia a justificar los procedimientos de separación centrífuga en asignaturas como Introducción a la Biodiversidad, Genética o Principios de Biología Celular y Molecular.
Masa	El concepto de masa gravitatoria es utilizado por las asignaturas biológicas en su acepción de cantidad de materia. Por Ej.: biomasa ² (Introducción a la Biodiversidad), masa de división cromosómica ³ (Genética), masa poblacional ⁴ (Ecología), masa húmeda y masa orgánica (Diversidad vegetal), etc.
Calor y los fenómenos a él asociados.	Este concepto y el área conceptual a él relacionado es ampliamente utilizada por los 3 espacios curriculares. Por Ej.: efecto invernadero y sobrecalentamiento global (Ecología), temperatura máxima de actividad enzimática (Genética), mecanismo de regulación térmica de los homotermos (Diversidad Animal I y II), salto térmico en zonas desérticas y adaptabilidad (Biogeografía), trabajo ejercido por unidad de masa muscular activada (Fisiología Animal), etc.
Presión	Este concepto aparece ampliamente difundido en los contenidos de las asignaturas integradoras. Por Ej.: extracción de material celular en soluciones hipertónicas (Biología Celular y Molecular), presión acuática en zonas abisales (Biogeografía), presión sanguínea (Diversidad Animal I y II), diferencia de presión osmótica y su participación en los procesos de transferencia de materia en las plantas (Morfofisiología Vegetal).
Longitud de onda y frecuencia	Estos conceptos se aplican fundamentalmente con relación al espectro electromagnético y a las ondas sonoras. Por Ej.: las radiaciones UV y su efecto carcinogénico (Genética), las radiaciones infrarrojas en el efecto invernadero (Ecología), espectro visible en las especies animales y sistemas de detección (Diversidad Animal I y II), ondas sonoras y sistemas de detección y orientación (Diversidad Animal I y II).
Fuerza eléctrica	En este caso el concepto más requerido es el de fuerza eléctrica (1.86), seguido muy de cerca por campo eléctrico (1.81) y potencial eléctrico (1.71) Esto se puede tratar de explicar teniendo en cuenta su empleo por parte de las asignaturas que describen procesos a nivel celular, por Ej.: campo eléctrico del material cromosómico (Genética), potencial de membrana celular (Principios de Biología Celular y Molecular), o las interacciones entre moléculas de ADN y ARN (Genética).

² **Biomasa:** Este término hace referencia a la cantidad de materia de naturaleza orgánica proveniente de seres vivos.

³ **Masa de división cromosómica:** Masa crítica a partir de la cual la célula comienza su ciclo de división celular. Se encuentra relacionada con una adecuada concentración (cantidad de materia por unidad de volumen) de las bases nitrogenadas que permite, a través de las fuerzas de interacción intermolecular, comenzar el proceso de réplica del ADN.

⁴ **Masa poblacional:** Cantidad de materia correspondiente a una determinada especie que convive en un ecosistema y que participa en los flujos de materia y energía que dicho ecosistema intercambia con los demás nichos ecológicos circundantes.

Del análisis de la Tabla 1 y de los contenidos mínimos de las materias integradoras surge la siguiente lectura: en Morfofisiología Vegetal, se tratan todos los aspectos fisiológicos de los vegetales que requieren de conceptos fisicoquímicos para su explicación y aplicación, mientras que Diversidad Vegetal I y II se orienta a la clasificación taxonómica de las especies vegetales y su descripción morfológica, por lo cual los requerimientos conceptuales fisicoquímicos son mínimos. Efectuando una

indagación más profunda surge que esto es consecuencia de la redistribución de contenidos surgidos de la reforma de las carreras efectuadas en el año 2000.

I-d) Porcentaje de ítems negativos registrados en la encuesta.

Corresponde al porcentaje de ítems en donde se optó por ns/nc. Los mismos (volcados en la Tabla 2) están discriminados por unidad temática y para cada una se aplica la ecuación I_3 :

$$\%o_i = \frac{100 \times \sum \Pi_j^0}{18 \times \Pi_j^t} (I_3)$$

$\%j$ = Porcentaje de ítems con respuesta ns/nc relativos a la unidad temática "j".

n_j^0 = Ítem con respuesta ns/nc relativo al área conceptual "j".

n_j^t = Número de ítems presentes en la encuesta para la unidad temática considerada. 18 = Número de encuestas analizadas.

Tabla 2. Porcentajes de ítems negativos (ns/nc)

	Cinemática	Dinámica	Energía y calor	Fluidos	Óptica y ondas	Electricidad y magnetismo
% ns/nc	10.32	5.55	2.77	7.13	8.02	13.20

- El mayor porcentaje ns/nc se concentra en los conceptos relacionados a Electricidad y Magnetismo. Los docentes que optaron por estas alternativas pertenecen a: las asignaturas Genética, Principios de Biología Celular y Molecular y Morfofisiología Vegetal. Teniendo en cuenta que en particular los conceptos donde se seleccionó dicha opción son: corriente eléctrica, resistencia eléctrica y magnetismo. Una posible explicación podría ser que estos conceptos se aplican para explicar procesos a un nivel macroscópico mas que a un nivel celular.
- Otra unidad temática con alto porcentaje ns/nc corresponde a cinemática, cuyos conceptos asociados a ella se emplean escasamente en el estudio de sistemas biológicos.
- Las unidades temáticas, óptica y fluido, arrojan un alto porcentaje de ns/nc aún cuando los docentes reconocen que los conceptos asociados a ellas están presentes en el

estudio de los sistemas biológicos (visual, circulatorio, etc.).

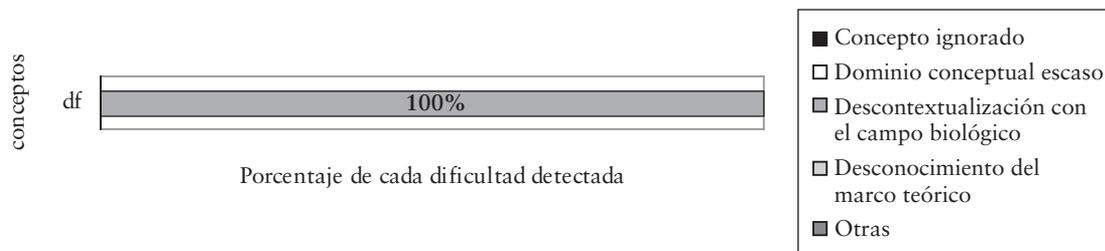
II. Dificultades presentadas por los alumnos al aplicar los conceptos abordados desde Física General en el desarrollo de las asignaturas curriculares obligatorias, factibles de ser agrupadas en los espacios curriculares de integración. (puntos 2 y 3 de la encuesta).

En este caso se debe destacar que para el punto 2 de la encuesta los docentes señalaron los conceptos físicos en los que los alumnos presentaron algún tipo de dificultad al aplicarlos en el ámbito de su asignatura y en el punto 3 las dificultades observadas, pero sin jerarquizarlas. Debido a esto se presentan los porcentajes de cada tipo de dificultad detectada (Cuadro 6), discriminada por conceptos y agrupadas según las unidades temáticas de Física General.

Cuadro 6. Dificultades detectadas por los docentes de asignaturas biológicas al aplicar conceptos físicos

Dificultad	Característica
Concepto ignorado	Concepto simplemente desconocido, o reemplazado por una concepción científicamente errónea.
Dominio conceptual escaso	Los alumnos no son capaces de emplear él o los conceptos para abordar diferentes problemáticas, realizar inferencias ni efectuar análisis críticos o reflexivos respecto a un fenómeno planteado.
Descontextualización con el campo biológico	Los alumnos no pueden establecer una conexión lógica que vincule el fenómeno biológico con los conceptos asociados a un determinado modelo físico, ya sea porque no identifican acabadamente el problema, porque no dominan los conceptos asociados al modelo, porque simplemente no pueden vincular ambos (modelización del problema) por poseer dificultades para realizar la abstracción necesaria, o porque su estructura cognitiva no ha alcanzado la organización interdisciplinaria de los conceptos adquiridos, lo cual le impide realizar vinculaciones entre diferentes áreas del conocimiento.
Desconocimiento del marco conceptual	Los alumnos no pueden interpretar un fenómeno biológico basándose en las herramientas que proporciona un determinado modelo.
Otras	Otras dificultades no contempladas en los ítems anteriores.

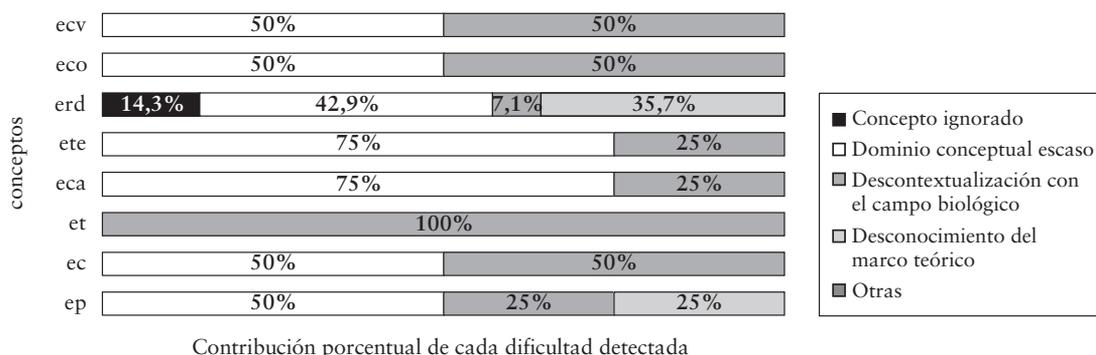
Gráfica 3. Dificultades al aplicar los conceptos relativos a Dinámica en función de los porcentajes de detección



⁵Referencias de las ordenadas. **df**: Fuerza.

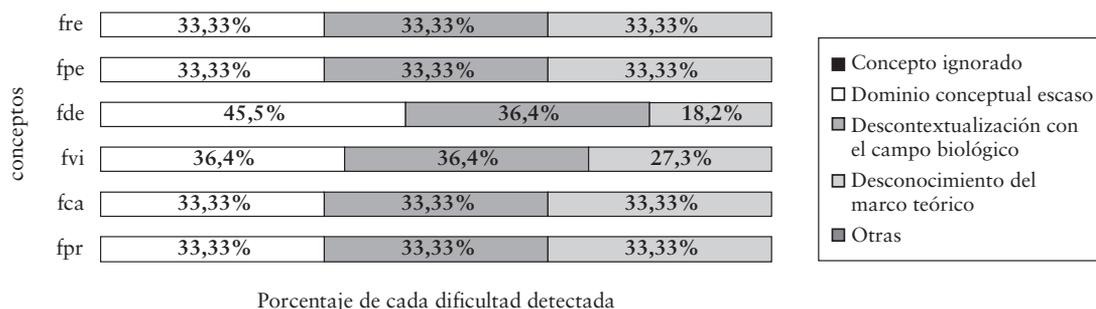
⁵ Para la simbología identificatoria de los conceptos la primera letra refiere a la unidad temática y las restantes al concepto asociado a ella. Ej.: dinámica fuerza (**df**).

Gráfica 4. Dificultades al aplicar los conceptos relativos a Energía y Calor en función de los porcentajes de detección



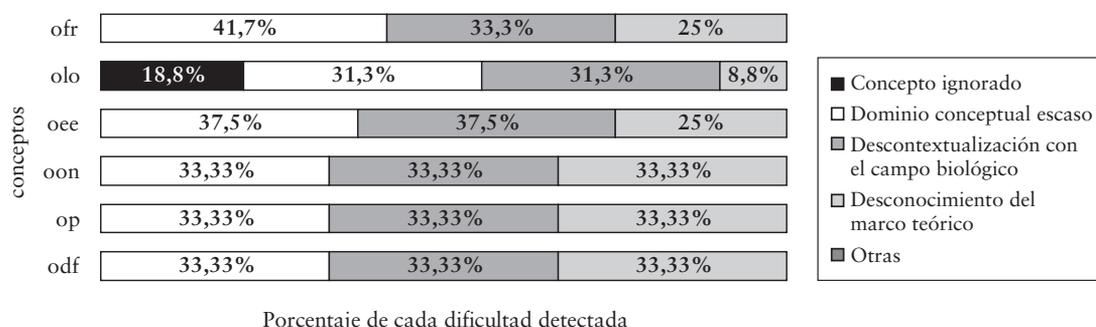
Referencias de las ordenadas. ep: Energía Potencial, ec: Energía Cinética, et: Trabajo, eca: Calor, ete: Temperatura, erd: Radiación, eco: Conducción, ecv: Convección.

Gráfica 5. Dificultades al aplicar los conceptos relativos a Fluidos en función de los porcentajes de detección



Referencias de las ordenadas. fpr: Presión, fca: Caudal, fvi: Viscosidad, fde: Densidad, fpe: Peso específico, fre: Número de Reynolds.

Gráfica 6. Dificultades al aplicar los conceptos relativos a Óptica y Ondas en función de los porcentajes detectados



Referencias de las ordenadas. odf: Distancia focal, op: Polarización de la luz, oon: Ondas, oee: Espectro electromagnético, olo: Longitud de onda, ofr: Frecuencia de onda.

- Al aplicar los conceptos relativos a radiación (energía y calor) y longitud de onda (óptica y ondas) los docentes detectan la dificultad “concepto ignorado”.
- Los conceptos relativos a Cinemática aparentemente no presentan ninguna dificultad al momento de ser requeridos por otras asignaturas biológicas, pero se debe recordar que de acuerdo a la Gráfica 1 son los conceptos menos empleados.
- En Dinámica solamente se detectó la dificultad de aplicar el concepto de **fuerza** dentro de un contexto biológico.
- Por otra parte el dominio conceptual escaso, la descontextualización con el campo biológico y el desconocimiento del marco conceptual fueron las principales dificultades con las cuales, en distinto grado de importancia, se enfrentaron los docentes de las asignaturas biológicas al aplicar los conceptos relativos a **energía y calor, fluidos, óptica y ondas, y electricidad y magnetismo**.

Conclusiones y consideraciones para la organización de contenidos

Del estudio realizado se sugieren algunas propuestas enmarcadas en términos de propuesta didáctica, contenidos conceptuales requeridos, problemáticas detectadas por las asignaturas integradoras al aplicar los conceptos físicos.

- La Matemática, la Física y la Química son importantes pilares de las ciencias básicas que manifiestan su potencialidad para modelizar e interpretar fenómenos del mundo natural dando fundamento para la profundización del estudio de los sistemas relacionados con la vida.
- Las actividades interdisciplinarias se deben proponer en los espacios curriculares de integración, las cuales se caracterizan por abordar el saber no como una serie de temas inconexos, sino como el estudio científico de una situación cuyo estado se desea analizar y/o modificar. En este sentido resulta esclarecedor el criterio de Lück (1994), quien considera que las actividades interdisciplinarias *“conforman 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”.

- Las materias integradoras deben generar interrogantes que conduzcan al alumno a buscar caminos no convencionales y plantear necesidades temáticas requeridas y vinculadas a la relación ciencia – tecnología – sociedad. Es decir de acuerdo a Lombardi (1989), *“efectuar una integración por necesidad”*.
- La necesidad de revisar y si es necesario replantear los contenidos en Física General de cinemática, electricidad y magnetismo, en términos de su utilidad para las asignaturas biológicas (Perera, 1995).
- La conveniencia de implementar en el seno del departamento talleres de reflexión colectiva en los cuales se analicen las demandas conceptuales y procedimentales, requeridas por los docentes de las distintas asignaturas integradoras; para lo cual nuestro estudio representa un posible punto de partida. Es decir, como propone Perera (2004) trabajar sistemática y reflexivamente en un equipo interdisciplinario, con el objetivo de precisar las necesidades de la carrera y el sistema de conocimientos físicos para satisfacerlas, buscando las áreas que permitan el mayor número de transferencias.

El dominio conceptual escaso, la descontextualización con el campo biológico y el desconocimiento del marco conceptual son las principales dificultades detectadas por los docentes de las asignaturas integradoras.

Según surge de los trabajos de Castillo et al. (2002), Aranega et al. (1984) y Gil Perez (1993), una forma de superar dichas dificultades sería empleando un enfoque constructivista integrador en términos bioambientales según el cual:

- Los alumnos se sientan más identificados con situaciones relativas a su área de estudio, en este caso los fenómenos bioambien-

- tales, con lo cual se espera lograr que se “apropien de los conceptos físicos relativos a estos temas” y los consideren al momento de resolver situaciones problemáticas relacionadas a su área.
- Los alumnos trabajen integradamente (desde la introducción hasta la resolución de un tema) según un enfoque bioambiental, realicen un análisis más reflexivo de sus respuestas, propongan cambios ó posibles soluciones a los problemas planteados, etc. Es decir que establezcan una mejor integración teórico - práctica.
 - La introducción de conceptos básicos a través del planteo de problemáticas del ambiente, en el cual el alumno se halle inmerso, ponga en conflicto sus concepciones, favoreciendo la reorganización conceptual y la construcción de una estructura cognitiva de tipo integrada.

Referencias

- Álvarez Pérez, M. (2004). *Didáctica de las ciencias: nuevas perspectivas*. Colectivo de autores IPLAC. La Habana: Ediciones Pueblo y Cultura.
- Aranega, C. P. de; De Longhi, A. L. y Randazo, M. C. (1984). *Trabajos de educación en ciencias*. Córdoba: Imprenta de la Universidad Nacional de Córdoba.
- Bordenave, J. D. y Pereira, A. M. (1982). *Estrategias de enseñanza - aprendizaje*. San José: Editorial del Instituto de Cooperación para la Agricultura.
- Castillo, A. De L.; Granados, I. y Marino, L. A. (2002). Calor: una propuesta didáctica constructivista con enfoque de ciencia integrada. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24 (3), pp. 317 - 323.
- Departamento de Ciencias Naturales. (2000). *Reforma curricular de las carreras de la Facultad de Humanidades y Ciencias*. Santa Fe: Imprenta UNL.
- Gil Perez, D. (1993). *Propuesta de secuenciación en ciencias de la naturaleza*. Madrid: Editorial Escuela Española.
- Lombardi, G. (1989). *Proyectos Integradores*. Concepción del Uruguay: Imprenta de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Concepción del Uruguay.
- Lück, H. (1994). *Pedagogía interdisciplinar. Fundamentos teórico-metodológicos*. 2ª edición. Petrópolis, Brasil: Editorial Vozes.
- Marino, L.; Carreri, R. y Alzugaray, G. (2005). Un abordaje interdisciplinar en un diseño curricular disciplinar de carreras biológicas. *Revista de Educación en Biología*. 8 (2), pp. 28 – 36.
- Morín, E. (2001). *La cabeza bien puesta*. Buenos Aires: Ediciones Nueva visión.
- Morín, E. (1994). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- Perera, F. (2004). *La formación interdisciplinaria de los profesores: una necesidad del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias*. Colectivo de autores IPLAC. La Habana: Ediciones Pueblo y Cultura.
- Perera, F. (1998). *Interdisciplinariedad en los departamentos de ciencias*. La Habana: ISPEJV.
- Perera, F. (1995). *Efectividad del curso de Física General para biólogos en el aumento de la calidad del aprendizaje y de la motivación profesional de los estudiantes*. La Habana: ISPEJV.
- Secretaría Académica - Universidad Nacional del Litoral. (1998). *Reglamento de las carreras de grado*. Santa Fe: Imprenta UNL.

ANEXO I

ENCUESTA SOBRE CONTENIDOS CONCEPTUALES ABORDADOS POR LA FÍSICA

Pedido de colaboración a los Docentes del Departamento de Ciencias Naturales.

El personal docente del área Física, correspondiente a las Carreras Profesorado en Biología y Licenciatura en Biodiversidad, está abocado en un análisis de los contenidos del currículo de Física General. Para obtener los datos necesarios que permita su corrección y actualización se solicitó a los Docentes del Departamento de Ciencias Naturales su colaboración llenando la siguiente encuesta, tendientes a lograr la debida integración entre la asignatura Física General y las demás que componen los currículos de las carreras.

Para los ítems en los cuales se requiera, le pedimos se maneje con la siguiente tabla:
 4: Alto/a 2: Bajo/a 3: Mediano/ Medio 1: Nulo/a ns/nc: No sabe/ No contesta.

Asignatura.....

1. Con respecto a las siguientes unidades temáticas de Física General, indique a través de la escala propuesta (nc,1,2,3,4), la importancia de los conceptos relacionados a ellas que poseen para el dictado de su asignatura (ver tabla de puntuaciones sugerida):

Cinemática	Dinámica	Energía Calor	Fluidos	Óptica	Electricidad y Magnetismo
Velocidad Lineal <input type="checkbox"/>	Cantidad de movimiento <input type="checkbox"/>	Energía potencial <input type="checkbox"/>	Presión <input type="checkbox"/>	Aumento angular <input type="checkbox"/>	Fuerza eléctrica <input type="checkbox"/>
Aceleración Lineal. <input type="checkbox"/>	Impulso <input type="checkbox"/>	Energía cinética <input type="checkbox"/>	Empuje <input type="checkbox"/>	Aumento lateral <input type="checkbox"/>	Campo eléctrico <input type="checkbox"/>
Posición <input type="checkbox"/>	Fuerza <input type="checkbox"/>	Trabajo <input type="checkbox"/>	Caudal <input type="checkbox"/>	Distancia focal <input type="checkbox"/>	Potencial eléctrico <input type="checkbox"/>
Trayectoria <input type="checkbox"/>	Tensión elástica <input type="checkbox"/>	Potencia <input type="checkbox"/>	Viscosidad <input type="checkbox"/>	Polarización de la luz <input type="checkbox"/>	Capacidad <input type="checkbox"/>
Velocidad Angular <input type="checkbox"/>	Masa <input type="checkbox"/>	Temperatura <input type="checkbox"/>	Densidad <input type="checkbox"/>	Difracción <input type="checkbox"/>	Resistencia eléctrica <input type="checkbox"/>
Aceleración angular <input type="checkbox"/>	Fricción <input type="checkbox"/>	Calor <input type="checkbox"/>	Peso específico <input type="checkbox"/>	Ondas <input type="checkbox"/>	Corriente eléctrica <input type="checkbox"/>
Aceleración Centrífuga <input type="checkbox"/>	Resistencia de los materiales. <input type="checkbox"/>	Conducción <input type="checkbox"/>	Número de Reynolds <input type="checkbox"/>	Espectro electro-magnético <input type="checkbox"/>	Fuerza electromotriz <input type="checkbox"/>
-----	Deformación Elástica <input type="checkbox"/>	Convección <input type="checkbox"/>	-----	Longitud de onda <input type="checkbox"/>	Campo magnético <input type="checkbox"/>
-----	-----	Radiación <input type="checkbox"/>	-----	Frecuencia <input type="checkbox"/>	-----

2. Seleccione (Nombrar) **conceptos de Física** en los cuales los alumnos generalmente no demuestran haber logrado un dominio, y que dificultan el **aprendizaje de su asignatura**:

- Concepto 1
- Concepto 2
- Concepto... ..
- Concepto... ..

3. Para los conceptos anteriores **califique en relación de importancia**, las **deficiencias** observadas usando la tabla de puntuaciones sugerida:

Deficiencias Observadas	Concepto 1	Concepto 2	Concepto ...	Concepto ...	Concepto ...
a) Concepto ignorado.					
b) Dominio escaso.					
c) Descontextualización con el campo biológico.					
d) Desconocimiento del marco conceptual en el cual se sustenta.					
e) Otra.					