

	Revista Electrónica de Didáctica en Educación Superior	Número 9, Abril 2015
		ISSN 1853-3159

LA PLANIFICACIÓN COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE DE LA BIOFÍSICA: UNA PROPUESTA INNOVADORA EN EL MARCO DE LA ENSEÑANZA PARA LA COMPRENSIÓN

Adrián Silva, Fernanda Trejo

Ciclo Básico Común - Universidad de Buenos Aires

Contexto institucional

Física e Introducción a la Biofísica es una asignatura de grado perteneciente al Ciclo Básico Común de la Universidad de Buenos Aires destinada a los ingresantes a las carreras de Medicina, Nutrición, Ciencias Veterinarias, Agronomía, Odontología, Kinesiología y Fonoaudiología. La finalidad de esta asignatura es el aprendizaje de los principios básicos de la Física que son el fundamento del comportamiento mecánico, fluido-dinámico, termodinámico y eléctrico de los sistemas vivos.

Se ajusta a un cronograma de 16 semanas de duración con 6 hs semanales de carga horaria. Es correlativa de Matemática I (cálculo diferencial e Integral) y se estructura en las siguientes Unidades Temáticas:

UNIDAD N° 1: Cinemática, Dinámica, Trabajo y Energía, Potencia

UNIDAD N° 2: Hidrostática, Hidrodinámica, Difusión, Ósmosis, Humedad Relativa

UNIDAD N° 3: Calor y Temperatura, 1º Ley de la Termodinámica, 2º Ley de la Termodinámica

UNIDAD N° 4: Electroestática, Electrodinámica

Para incrementar la perspectiva biofísica de los contenidos del programa los alumnos cuentan además con clases especiales que se desarrollan en las Facultades. Las mismas abarcan:

- Estática: momentos, palanca, equilibrio.
- El hombre como estructura mecánica sobre la superficie de la Tierra.
- Principio de Arquímedes.
- El aparato circulatorio humano como sistema tubular cerrado en el campo gravitatorio.
- Introducción al estudio de las membranas biológicas.
- El hombre como sistema termodinámico.
- Entalpía y energía libre.
- Electrolitos. Ley electroquímica de Faraday. Conductancia en electrolitos.
- Los fenómenos bioeléctricos en el hombre.
- Fenómenos ondulatorios. Características básicas de la luz y el sonido.
- Bases físicas de la visión y la audición.

La cátedra de Biofísica reúne alrededor de 8000 alumnos distribuidos en seis Sedes del CBC en la Capital Federal y 14 Sedes Lejanas. Fue creada en el año 2000 como parte de un convenio firmado en el rectorado de la UBA, en el que las Facultades delegaban el dictado de Biofísica a la Cátedra de Física del CBC. A su vez, dichas Facultades dictarían las mencionadas clases que ofrecerían la perspectiva biológica y profesional de los temas de las cuatro Unidades temáticas. Es la única asignatura del CBC con estas características de articulación. Desde su creación, Biofísica cumple el rol de formar en los fundamentos teóricos y aplicados indispensables a los futuros profesionales del área.

Los contenidos son obligatorios y diversos con grado de exigencia alto en cuanto al manejo conceptual y aplicado. El cronograma es ajustado y sincronizado en todas las sedes. La modalidad de evaluación de la materia consiste en: dos exámenes parciales conformados por 4 ítems a desarrollar y 6 ítems de opción múltiple (uno provisto por las Facultades involucradas), que se aprueban con una calificación de 4 o más puntos. Un examen final conformado por 12 ejercicios de opción múltiple, varios de los cuales son ejercicios de desarrollo con opciones numéricas. Este final se aprueba con un 50 % o más de respuestas correctas. Recomendamos lecturas de libros excelentes en cuanto a nivel y contenidos como el de Cussó y otros (2004) y Glaser (2003), los fascículos teóricos de la Cátedra (Reich y otros, 2010), textos de lectura sencilla (Silva y otros, 2000; Grünfeld 1991), y libros de Física General, que nuestra Cátedra ha donado a las bibliotecas de las diferentes Sedes. Las limitaciones y desafíos que imponen cursos masivos, del orden de 100 alumnos por curso, y la extensión y rigurosidad de la exigencia académica hacen necesaria la búsqueda y exploración de propuestas pedagógicas alternativas, con el fin de motivar e incluir al alumnado, destacando la demanda social de profesionales en estas áreas del conocimiento.

En los cursos de Ciencias del nivel universitario inicial, el desarrollo de clases suele estructurarse en torno a clases expositivas, y la posterior resolución de ejercicios, siendo ésta en muchos casos la única instancia de participación de algunos de los estudiantes, sumado a esto, “uno de los principales mediadores entre el alumno y su objeto es el discurso del docente, un discurso que a veces se hace tan omnipresente que se transforma en el objeto mismo de la actividad desplazando al aprendizaje de los contenidos” (Miettinen, 1992). Otro mediador utilizado de manera recurrente en las clases de ciencias son las típicas guías de ejercicios, cuya resolución se “espiritualiza” como el modelo de habilidad a alcanzar. En el imaginario de docentes y alumnos, poder resolver los problemas de las guías es el paso necesario para poder “aprender” la materia. Muchas veces esta resolución se hace de manera tan irreflexiva que luego el alumno no puede transferir estas acciones a nuevos enunciados y, a pesar de haber “cumplido” con su parte en la división del trabajo, no logra el efecto esperado por él, que es la aprobación de la materia ni el esperado por nosotros...que la comprenda (Silva & Trejo (a), 2013).

Esto se debe, en buena parte, a que los ejercicios propuestos, en dichas guías no logran constituirse en un problema que requiera solución o en una pregunta que requiera argumentación. El estilo de los ejercicios viene dictado por la tradición de la enseñanza de la disciplina, y se ha utilizado históricamente en el nivel universitario básico sin cuestionarse acerca de su adecuación al aprendizaje. (Silva & Trejo, 2011)

La sobreexplotación de esta práctica por sobre otros recursos es justificada frecuentemente por cuestiones cronológicas, edilicias y curriculares (Carrascosa, 2006). Tiempo acotado, carga conceptual extensa, cursos de masiva concurrencia, escasa cantidad de docentes en relación con la población estudiantil, son los argumentos más comunes de justificación. No obstante, como aclaran Pogré y Lombardi (2004) no se trata de enseñar de un modo completamente nuevo y diferente, sino de una premisa aún más ambiciosa y crucial: “enseñar más y mejor”. Los sistemas educativos necesitan reinventarse a sí mismos, refundarse con otras expectativas, otro contrato fundacional y otras herramientas.

¿Es posible superar los obstáculos?

Desde el enfoque en que concebimos el proceso de enseñanza y aprendizaje consideramos necesario renovar nuestros esfuerzos para lograr comprensión por parte de nuestros alumnos. Como sostiene Aguerro (2002) acerca de las innovaciones, existe un largo proceso previo en el cual se van desarrollando las condiciones que harán posible que surja y se sostenga otro proceso que, irá en contra de la rutina (sic).

Por otra parte, como señala Pogré (2007) debemos también reconocer la necesidad de saber más de la disciplina que enseñamos. Enseñar para la comprensión implica comprensión también por parte de los docentes.

Entendiendo que la Biofísica no es ni la unión, ni la intersección ni la diferencia entre la Física y la Biología, consideramos apropiada y necesaria una Did ctica de la Biofísica, diferenciándola de la Did ctica de las Ciencias Físicas y de la Did ctica de las Ciencias Biológicas (Muñoz et al. 2012). Una did ctica específica que aborde temas y problemas, de una manera novedosa y no como meras aplicaciones físicas o biológicas yuxtapuestas. Es nuestro propósito superar la explicación de los fenómenos exclusivamente dentro de los parámetros de una sola disciplina, para apuntar más bien a la comprensión profunda, más allá de la disciplina misma.

Adhiriendo a las palabras de Stone (1999) comprender es poder realizar una gama de actividades que requieren pensamiento en cuanto a un tema. Por ejemplo, explicarlo, encontrar evidencia y ejemplos, generalizarlo, aplicarlo, presentar analogías y representarlo de una manera nueva.

Asumimos que comprender no es sólo tener conocimientos, implica la habilidad de utilizar ese conocimiento en forma creativa y competente. Lo que se hace permite ver lo que se comprende. Se comprende realmente cuando se es capaz de producir, representar, actuar o hacer. Por otro lado, cuando se aprende es necesario recibir permanentemente retroalimentación constructiva que informe cómo va el proceso de comprensión. Sin experiencia de interacción, no puede haber comprensión.

Cuadro de situación

A partir del análisis de encuestas incluidas como opcionales en los exámenes parciales del año 2011, que evidenciaron el obstáculo de incluir una excesiva cantidad de conceptos físicos, unidades y leyes en cada examen, la dificultad creciente en la comprensión de los contenidos en los estudiantes, números altos de recursantes y bajas notas de aprobación, decidimos introducir nuevas estrategias de intervención en nuestro trabajo áulico. Estos cambios podrían ser catalogados dentro de lo que Aguerrondo sugiere como la génesis de la innovación y sentaron las bases de nuestro trabajo actual.

- Sugerimos a los estudiantes la realización de un mapa de jerarquización conceptual en el que se distinguieran los conceptos clave de cada Unidad temática, el modelo, los conceptos derivados, las leyes y las aplicaciones. Esta tarea fue realizada junto

con el grupo de docentes del Centro Regional Norte. Estas actividades se enmarcan en las teorías de la acción y la metacognición (Miettinen, 2000)

- Propusimos la lectura previa a cada clase del material teórico elaborado por la Cátedra, que pasó a tener carácter obligatorio, y trabajamos en consecuencia con exposiciones más breves orientadas al resumen y ejemplos de aplicación de los contenidos. Con esta metodología se ahorró tiempo al no reproducir textualmente deducciones a las que los estudiantes podían acceder en el material de lectura y pudimos explotar el tiempo economizado para trabajar intensamente en grupos la resolución de problemas y su discusión. Como es habitual en nuestros cursos, se realizaron también experiencias abiertas como elemento mediador en varios de los contenidos (Silva, Trejo y Lazarte, 2012).
- Al final de cada Unidad, dedicamos un espacio de la clase a la Integración con la intención de introducir a los alumnos a la transversalidad conceptual, resaltando los conceptos estructurantes, mediante la comparación de modelos, la búsqueda de analogías entre conceptos clave, el análisis de órdenes de magnitud y la aplicación conjunta a casos de interés de los contenidos modelizados.
- Las clases integradoras adquirieron mayor significación a medida que se avanzó en la incorporación de contenidos. Como ejemplo, guiamos a los alumnos en la observación y el análisis de un hecho notable : La Ley de Fick (flujo de masa), la ley de Fourier (flujo de calor), e incluso Poiseuille (flujo de volumen, caudal), Ohm (flujo de cargas: corriente) y Newton (flujo de velocidad!), tienen la misma forma general de la ecuación que vincula el flujo de “algo” con el gradiente de otra magnitud; o alternativamente, visto como la causa (gradiente de concentración, de temperatura, de presión, de potencial eléctrico, de potencial gravitatorio!) y una “conductividad” para el flujo, basada en la idea de “Resistencia”.

Esta observación basada en la integración conceptual de los sistemas de ecuaciones y la representación de sus implicancias desde la analogía (Galagovsky & Adúriz-Bravo, 2001), fue diseñada por el autor principal y enriquecida en la presentación de este trabajo. Creemos que puede ser una herramienta favorable en la superación un obstáculo al que como profesores de Ciencias nos enfrentamos frecuentemente: dar cohesión a un cuerpo conceptual que para los alumnos suele parecer inconexo y facilitar su comprensión.

El marco EpC, nuestra propuesta de innovación.

A la construcción de conceptos “transversales”, integraciones temáticas, análisis de casos, experiencias abiertas, trabajo en grupos - que venimos explorando en los cursos de Física e Introducción a la Biofísica- creemos pertinente brindarle corporeidad a los cambios que hemos introducido. Ya no como estrategias novedosas aisladas sino como propuestas concretas de innovación, es decir, abastecer nuestra labor en las aulas de un soporte teórico que nos permita redefinir nuestra idea de lo que es “comprender”: como desempeño; como apropiación de la realidad, y que además nos oriente en el diseño de una nueva estructura curricular.

Muchos especialistas sostienen que, la educación científica, para ser significativa debe generar cambios epistémicos, cognitivos, discursivos, conductuales, materiales y sociales en la clase de ciencias. (Adúriz – Bravo, 2001). Los modelos didácticos incorporan una *componente epistemológica*, que es la que justifica el propio contenido a enseñar pero también las actividades de gestión de ese contenido en el sistema didáctico. Esta componente epistemológica de los modelos didácticos muchas veces implícita, incompleta o inconsistente, debe ser revisada y fundamentada.

El Marco de la Enseñanza para la Comprensión propuesto por David Perkins & Tyna Blythe (1998), nos ha proporcionado un campo fértil en el cual sembrar las semillas para un nuevo abordaje de la Biofísica, basado en la flexibilidad de desempeños, en la integración conceptual y en el hallazgo de cuerpos temáticos inclusivos y totalizadores. Una asignatura rediseñada y estructurada según los pilares que el autor promueve como elementos de planeación:

- ✓ **Los Tópicos Generativos:** representan núcleos temáticos prioritarios en nuestra disciplina, son desequilibradores cognitivos y ofrecen la posibilidad de ser vinculados tanto a lo académico como a lo vivencial.

- ✓ **Las Metas de Comprensión:** Constituyen las habilidades, procedimientos y conceptualizaciones a las que deseamos que nuestros alumnos puedan acceder. Siguiendo el ejemplo mencionado anteriormente podríamos plantearnos como una Meta de Comprensión que *“Los alumnos comprendan los fundamentos por los cuales una solución puede ser conductora o aislante de la corriente eléctrica”* o bien podríamos plantearnos una mucho mas abarcativa, como la que da cuerpo a este trabajo: *“¿Cuáles son las similitudes y diferencias entre procesos que podemos observar integrando los diversos sistemas de ecuaciones que utilizamos en el desarrollo de nuestra asignatura?”*

✓ **Los Desempeños de Comprensión:** son actividades que proporcionan a los estudiantes la posibilidad ir más allá de la información dada con el propósito de crear algo nuevo reconfigurando, expandiendo y aplicando lo que ya saben, construyendo a partir de esos conocimientos. Los mejores Desempeños de Comprensión serán los que ayudan a nuestros alumnos a desarrollar y a demostrar la comprensión. Por ejemplo: “*Discutir las propiedades del equilibrio de fases líquido – vapor*”

✓ **La Valoración Continua:** como sostiene Blythe (1999) Tradicionalmente, la valoración se produce al final de un tópico y se centra en calificaciones y en responsabilidad. Estas son funciones importantes en muchos contextos, pero no satisfacen las necesidades de aprendizaje de los estudiantes. En el caso de nuestra asignatura, contextualizada en la formación universitaria de grado de futuros profesionales de la Salud, nos resulta imposible desvincular la valoración de los alcances, de la calificación y la acreditación. Sin embargo, entendemos la Valoración como una instancia que trasciende ampliamente la mera calificación y concebimos su importancia crucial para alcanzar la comprensión. Sabemos también que en nuestro contexto, modificar la tradición evaluativa implica cambios profundos en la política educativa que en algunos casos nos exceden, pero consideramos que mantener en vigencia los modelos de examen obligatorios e internalizar la Valoración Continua no tienen porqué ser excluyentes. Creemos firmemente que las valoraciones que promueven la comprensión proporcionan a los alumnos un conocimiento profundo de sus fortalezas y limitaciones, les brindan multiplicidad de perspectivas ya que provienen de reflexiones intrapersonales e interpersonales y por tanto superan, con creces el obstáculo que pueda representar para ellos la resolución de un examen de formato típico. En otras palabras un alumno que haya alcanzado la comprensión auténtica de la descripción de un fenómeno natural, que haya podido establecer la conexión entre el modelo científico y el fenómeno que ese modelo representa, que pueda visualizar el contenido explícito e implícito que subyace en las ecuaciones que describen ese mismo fenómeno, y que haya adquirido en interacción con sus docentes y sus pares la habilidad de interpretar correctamente la información y lo no informado en un enunciado, no presentará dificultad alguna en plasmar la comprensión que ha construido en la resolución de un ejercicio.

Como ejemplo, a continuación describimos en la siguiente tabla la aplicación del marco EpC a tres de la Unidades de contenidos de Biofísica:

CONTENIDOS DEL PROGRAMA	TÓPICOS GENERATIVOS	METAS DE COMPRENSIÓN	DESEMPEÑOS DE COMPRENSIÓN	VALORACIÓN CONTINUA
<p>Sistemas de Referencia</p> <p>Velocidad media e instantánea</p> <p>Aceleración – Movimientos uniformes y variados en 1-D</p> <p>Representación gráfica</p>	<p>¿Podrías predecir el movimiento de una Partícula conociendo su situación actual?</p>	<p>Que el estudiante comprenda la Derivación e Integración gráfica.</p> <p>Que el estudiante comprenda el significado de las ecuaciones horarias</p>	<p>Derivar e Integrar variables con el recurso de gráficos, Resolver grupal e individual de ejercicios.</p> <p>Aplicar las ecuaciones horarias a situaciones reales.</p> <p>Aplicar a casos de interés biológico asociado a tasas de crecimiento y decrecimiento.</p>	<p>Interacción docente-alumno en la construcción de conceptos.</p> <p>Se suministra a los estudiantes tablas con posición y tiempo de un velocista, y se pide obtener la mayor información gráfica y analíticamente, puesta en común y cierre por parte del docente.</p> <p>Abundante discusión sobre la interrelación de los gráficos de posición, velocidad y aceleración en función del tiempo, y la información relevante que poseen.</p> <p>*</p>
<p>Cargas y Fuerzas eléctricas: campo eléctrico, diferencia de potencial, capacitores;</p>	<p>¿Por qué existen conductores y aislantes? Cuáles son las causas de la estructura microscópica de</p>	<p>Comprender la importancia crucial de la carga eléctrica</p> <p>Comprender la naturaleza y propiedades de conductores y aislantes.</p> <p>Discutir la utilidad de los</p>	<p>Aplicar la Conservación de la carga y fuerza entre cargas.</p> <p>Integrar el concepto de energía interna a sistemas con cargas eléctricas.</p>	<p>Experiencias abiertas de aula con participación directa de los estudiantes, ver referencias.</p> <p>Discusión y resolución de casos en grupo y realimentación con el docente.</p> <p>*</p>

<p>Corriente y resistencias eléctricas; potencia y circuitos RC</p>	<p>la materia? ¿Se puede almacenar energía eléctrica?</p>	<p>conceptos de Potencial, Campo Eléctrico y Energía electrostática.</p>	<p>Instrumentar con capacitores, y aplicar las leyes asociadas.</p>	
	<p>¿La corriente eléctrica es análoga a un fluido? ¿Cómo se convierte la corriente en luz?</p>	<p>Los estudiantes lograrán: Discutir los conceptos de corriente eléctrica y fuerza electromotriz y las causas de los fenómenos que describen. Analizar la funcionalidad de la Ley de Ohm y su similitud con las leyes estacionarias vistas en Tópicos anteriores. Comprender las transformaciones de la energía y su semejanza e interrelación con los Tópicos anteriores (efecto calórico Joule).</p>	<p>Realizar circuitos y desarrollar habilidades coherentes con los modelos circuitales. Integrar conceptos y magnitudes semejantes (Poiseuille) de resistencias. Conocer los modelos que describen la naturaleza bioeléctrica de los seres vivos.</p>	<p>Experiencias abiertas de aula con participación directa de los estudiantes, ver referencias. Discusión y resolución de casos en grupo y retroalimentación con el docente. Se escriben palabras en el pizarrón (conductor, resistencia, resistividad, diferencia de potencial, corriente, carga, capacitor, energía, calor) y se sugiere que cada estudiante redacte un texto a 20 renglones (anónimo) vinculando coherentemente los conceptos denotados; se intercambian a continuación las producciones y se leen al azar, con la consigna de argumentar críticamente y se elige la producción más acertada y completa (coevaluación y evaluación mutua)*</p>

<p>Presiones parciales; Equilibrio vapor; Humedad relativa</p>	<p>¿Por qué aparece rocío? ¿Nos sirve transpirar?</p>	<p>Los estudiantes lograrán: Debatir las propiedades de los cambios de fase. Comprender la noción de calor latente y su aplicación a situaciones de interés biológico (“Transpiración”); Integrar este tópico con el equilibrio líquido-vapor.</p>	<p>Aplicar las propiedades del equilibrio de fases líquido – vapor. Incorporar los conceptos de “presión parcial” y “temperatura de rocío” y lograr su aplicación a situaciones problemáticas.</p>	<p>Experiencia abierta de aula con participación directa de los estudiantes, ver referencias. Discusión de gráficos P_{sat} vs Temperatura; se les asigna un ejercicio integrador para resolver en grupos. Cada grupo realiza el proceso de autoevaluación; los estudiantes y el docente acuerdan los criterios y juzgan si los argumentos de los restantes grupos son convincentes.</p> <p>*</p>
				<p>* En todos los casos, el equipo docente brinda una herramienta de valoración continua permanente a través de clases de consulta personalizadas, dos veces por semana, intercaladas entre turnos.</p>

Hilos conductores o metas de comprensión abarcativas

El planeamiento de nuestra asignatura bajo la luz de este marco teórico, nos permite destacar un conjunto de conceptos centrales que emergen de manera recurrente en el desarrollo de nuestro curso, por ejemplo la observación de un mismo fenómeno en contextos diferentes tal como la Conservación de la Energía en todas sus formas, la noción de Sistema y los conceptos de Gradiente y Flujo. En la propuesta que presentamos en esta ponencia, estos serán los **Hilos Conductores** que capturan la esencia del curso de Biofísica.

La estrategia de abordaje que detallamos a continuación se implementa conforme avanza el desarrollo de los Tópicos Generativos y cobra máxima significancia una vez finalizado el tratamiento de los mismos, como eje vertebrador de todo el curso.

Los Tópicos Generativos de Biofísica abarcan dos tipos de fenómenos físicos bien definidos: situaciones de equilibrio estáticas, entre campos de fuerzas, presiones y potenciales eléctricos en las sub-unidades correspondientes de Estática, Hidrostática y Electroestática, y situaciones de flujo en régimen estacionario, sin dependencia temporal explícita y descritas por ecuaciones lineales que relacionan el gradiente de alguna magnitud física con el flujo de masa, energía o impulso, y que involucran constantes con importante contenido conceptual, que llamaremos en general “Resistencias” (Sztrajman, 2011) por tratarse de inversas de las conductancias que facilitan los flujos correspondientes.

Todo nuestro curso, hilvana tres evidentes Hilos Conductores o Metas de Comprensión Abarcativas:

Concepto y aplicación de la Conservación de la Energía:

Constituye el eje vertebral sobre el que se estructuran los Tópicos Generativos. La distinción entre las formas de energía, su descripción a través de modelos de gran generalidad, y el desarrollo de habilidades para su uso en situaciones de interés, forman parte de las Metas de Comprensión que esperamos que los estudiantes deban alcanzar. Desde formas ordenadas de la Energía para pocos cuerpos en interacción (energías cinética, potencial y mecánica), pasando por la energía en un medio continuo conservativo, hasta las formas de intercambio desordenadas, en la categoría de Calor y su relación con la energía interna de un sistema, y con la energía libre disponible para realizar Trabajo, incluyendo la presencia de cargas eléctricas, donde

nos encontramos al final del curso con un sistema conservativo similar a la unidad de Mecánica.

Concepto de Sistema:

Como frontera que delimita entidades, cuyas evoluciones dependen de interacciones dentro del Sistema y acciones externas (el exterior al sistema actúa como un todo, esa es una de las ventajas de trabajar con Sistemas) y el concepto de Estado de un Sistema:

Así estudiamos en Mecánica (Unidad I) cuerpos materiales considerados como partículas, cuyo Estado se determina conociendo sus posiciones y velocidades, En Fluidos (UII) nuestro sistema es un medio continuo con y sin disipación (Bernoulli y Poiseuille), en el cual no distinguimos partículas sino “elementos de volumen” cuyo estado conociendo su velocidad y su presión, no es más que la energía contenida en cada elemento de volumen; en Termodinámica (UIII) nuestros sistemas están formados por un enorme número de partículas, siendo su estado determinado en consecuencia por magnitudes macroscópicas que promedian comportamientos del nivel molecular, como la Presión, la Temperatura, el Volumen y el número de moles; En Electroestática y Electrodinámica, nuestros sistemas son conductores, aislantes, y cargas eléctricas, y su estado definido por su potencial y por su energía.

La siguiente sub-sección utiliza lenguaje técnico de la Física, con la inclusión de ecuaciones y un análisis detallado de las mismas, pero al tratarse de una parte importante de la Estrategia Didáctica de Integración y dado que ha resultado fructífera en su aplicación, decidimos describirla con la profundidad que amerita.

Gradiente → Flujo:

Un gradiente señala la máxima variación a lo largo de una coordenada espacial de una magnitud física, y lo expresamos como la variación de dicha magnitud respecto de una coordenada de posición espacial. Este gradiente origina el transporte de **materia, energía o impulso** a través de una superficie imaginaria o real, a lo largo del tiempo. Llamamos en este contexto “Flujo” a la cantidad de *Masa, Energía o Impulso* que atraviesa dicha superficie por unidad de tiempo, expresado como una variación respecto del tiempo. En general este transporte se realiza en sentido contrario al gradiente, de modo que formalmente se toma el mismo con signo negativo. Por otro lado sólo consideramos modelos unidimensionales en consecuencia de carácter escalar, a lo largo de una coordenada espacial a la que llamamos “X”, y en los cuáles no se analizan las evoluciones temporales de los gradientes, es decir se consideran constantes en el tiempo. A continuación escribimos las ecuaciones que describen los

procesos estacionarios a que hicimos referencia de un modo en el que se manifiesta la identidad de forma, que permite al estudiante realizar una Valoración Continua e Integración de toda la Asignatura. Así podemos distinguir en la Unidad I de *Mecánica* la Segunda Ley de Newton:

$$\frac{-\Delta V}{\Delta X} = m \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (1)$$

En la que un gradiente de potencial V (es decir, una *Fuerza*) origina un flujo de velocidad o impulso lineal, siendo la masa la resistencia a ese flujo;

En la Unidad II de *Fluidos y Transporte* la Ley de Poiseuille:

$$\frac{-\Delta P}{\Delta X} = R_x \frac{\Delta Vol}{\Delta t} \quad (2)$$

Aquí un gradiente de Presión P, creado por una bomba exterior, origina un flujo de volumen másico o Caudal, siendo la resistencia hidrodinámica en la dirección x del movimiento R_x la que limita el flujo, que depende tanto del fluido como de la geometría del circuito hidráulico.

Y la Primera Ley de Fick:

$$\frac{-\Delta C}{\Delta X} = \frac{1}{DA} \frac{\Delta m}{\Delta t} \quad (3)$$

En este caso el gradiente de concentración C origina un flujo de masa, siendo D el coeficiente de difusión y A el área que es atravesada por la masa m.

En la Unidad III de *Termodinámica* la Ley de Fourier:

$$\frac{-\Delta T}{\Delta X} = \frac{1}{k} \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (4)$$

Aquí un gradiente de Temperatura origina un flujo de calor (energía) a través de un material de conductividad K que se relacionará con la conductividad eléctrica.

E incluso la Ley de Stefan-Boltzmann, tomando en cuenta que la presión fotónica P_f es $1/3 a.T^4$ (Ecuación de Estado del gas de fotones) se puede escribir como una ecuación de difusión entre un cuerpo a temperatura T_c en un ambiente a temperatura T_{amb} dado que:

$$\Delta Pf = \frac{1}{3} a(Tc^4 - Tamb^4)$$

Tendremos una forma equivalente a las anteriores, con la ventaja de introducir y discutir la naturaleza de la radiación como fotones capaces de ejercer una “presión” que no depende del volumen:

$$\frac{-\Delta Pf}{\Delta X} = \frac{a}{3\sigma\epsilon V} \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (5)$$

Con $a = 1,917 \times 10^{-15}$ [erg/cm³K⁴], σ la constante de Boltzmann y ϵ la emisividad. En este caso, el gradiente de presiones en una dada (y cualquier) dirección que denotamos por analogía con las anteriores expresiones “X” debido a que el cuerpo y el ambiente no están a la misma temperatura, origina un flujo neto de calor (Potencia calórica) expresado en [cal/seg].

Finalmente en la Unidad IV de *Electrodinámica* nos volvemos a encontrar con una situación análoga a la de los fluidos reales (con la salvedad que en ese caso ejercía efecto la gravedad!) expresada mediante la Ley de Ohm-Kirchoff:

$$\frac{-\Delta V}{\Delta X} = \frac{1}{\alpha A} \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (6)$$

Nuevamente un gradiente de potencial (es decir un *campo eléctrico!*) origina un flujo de carga eléctrica (corriente eléctrica), siendo en este formato α la conductividad y A el área que es atravesada por la corriente.

Casos Estáticos

Incluso en los casos estáticos, en los que no se origina un “flujo” podemos encontrar Hilos Conductores útiles a la hora de dar una estructura integrada de la Materia, así el Teorema General de la Hidrostática puede expresarse:

$$\frac{\Delta P}{\Delta X} = \frac{mg}{Vol}$$

Que podemos interpretar con una lógica diferente: en este caso el peso del líquido origina un gradiente de presión; de igual forma, la carga acumulada en las placas conductoras de un capacitor, origina un gradiente de potencial eléctrico:

$$\frac{\Delta V}{\Delta X} = \frac{q}{\epsilon_0 A}$$

Estas ecuaciones describen *procesos* que son una parte importante de las Metas de Comprensión en el marco de la EpC; la descripción matemática es formalmente idéntica, constituyendo una “invariancia de forma” muy útil a la hora de *integrar* conceptual y estructuralmente la Física subyacente. La discusión sobre las diferencias conceptuales sutiles sobre lo que expresan esas ecuaciones, resulta en un enriquecimiento en los Desempeños de Comprensión de nuestros estudiantes, tal como lo demuestran un gran número de encuestas y preguntas informales hechas por nuestros docentes a lo largo de estos últimos años desde la creación de la asignatura Biofísica.

Conclusiones y perspectivas

Desde nuestra experiencia como educadores, formadores de educadores, y formadores de profesionales de la salud y de las ciencias, reconocemos que es imposible transmitir una competencia científica para quien no la tiene. Se puede aprender de memoria una clasificación, repetirla y hacer que otros la repitan, pero no se puede aprender de memoria una comprensión del tema, ni una capacidad de intuir, ni una curiosidad.

La estrategia de abordaje que proponemos acerca a los estudiantes al modo de pensamiento propio de las Ciencias, y puede ser un basamento fundamental para su futuro desempeño profesional.

El trabajo desde el Marco de la Enseñanza para la Comprensión implica enfrentar al alumno a la formulación de una pregunta y a la solución de problemas. Esto le permite dar un paso sustancial: pasar de ser oyente a ser un lector- investigador; lo invita a buscar cómo otros han formulado esa pregunta y cuáles respuestas se han dado; a reconocer en la lectura determinaciones, estructuras, conceptos y aún intuiciones de los autores. En el análisis de preguntas y respuestas dadas aprenderá, entre otras muchas destrezas, a establecer relaciones entre lo concreto y lo abstracto, entre los hechos y los procesos, entre la permanencia y el cambio, entre la cantidad y la calidad, la acumulación y la duración, la intensidad y la densidad, los detalles y la síntesis. Aprenderá a observar desde diversas representaciones, paradigmas y lenguajes, a comparar, a descubrir similitudes y diferencias, paralelismos, simetrías y asimetrías, balances y desequilibrios. Con todo ello se formará un pensamiento crítico, la capacidad de preguntar y de responder siguiendo métodos de búsqueda que lo

llevan a apropiarse del conocimiento, a argumentar y ser capaz de producir sus propias respuestas.

Creemos que es más importante mostrarles a los estudiantes los procesos por los cuáles se llegó a un conocimiento, que resumirles las conclusiones. Sostenemos que es necesario avanzar en una pedagogía más activa, en la que la observación y la experimentación sean más importantes que oír pasivamente una conferencia del profesor, aprenderse un manual o resolver guías de ejercitación de manera automática. En palabras del Epistemólogo Agustín Aduriz Bravo para la Revista de divulgación científica Desde la Patagonia: “No se trata de aprender de memoria leyes, teorías, modelos, principios o proposiciones, sino de entender qué es la Ciencia, cómo evoluciona, cómo explica, qué es un modelo; qué es una ley, cómo se usan las teorías y los métodos en la Ciencia”

A través de las innovaciones introducidas en nuestros cursos hemos logrado una empresa que nos alienta a continuar en esta senda de trabajo y que nos ha permitido:

- ✓ Fomentar la inserción y la inclusión.
- ✓ Identificar dificultades concretas.
- ✓ Mejorar el plano motivacional enriqueciendo el desempeño.
- ✓ Generar un marco de contención más armónico para docentes y alumnos.
- ✓ Incorporar una nueva estructura funcional para consolidar el proceso de aprendizaje y su trascendencia en el tiempo.

Una interesante perspectiva de este trabajo es su extensión como marco teórico y como heurística tanto a los cursos de Física que dicta nuestra Cátedra para las Carreras de Ingeniería y Ciencias Exactas, como a otras áreas del conocimiento de las Ciencias Naturales.

Bibliografía

ADÚRIZ-BRAVO, A. (2001) *Integración de la Epistemología en la formación del Profesorado de Ciencias*

Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, Departament de Didàctica de les Matemàtiques i de les Ciències Experimentals, Programa de Doctorat en Didàctica de les Ciències Experimentals.

AGUERRONDO, I. & XIFRA, S. (2002) *La Escuela del futuro I. Cómo piensan las escuelas que innovan*

Papers Editores, Buenos Aires. ISBN: 987-98271-6-3

BLYTHE, T. (1999) *La Enseñanza para la Comprensión: Guía para el docente* Editorial Paidós Ibérica ISBN: 978-950-1255-027

CARRASCOSA, J. y otros. (2006). "Papel de la actividad experimental en la educación científica" *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, (2) 23, 158.

CUSSÓ, F., LÓPEZ. C., VILLAR R. (2004) *Física de los Procesos Biológicos*, Editorial Ariel, Barcelona ISBN: 84-344-8062-X

GALAGOVSKY, L. & ANDÚRIZ-BRAVO, A. (2001) *Modelos y Analogías en la Enseñanza de las Ciencias Naturales. El concepto de Modelo Didáctico Analógico* *Enseñanza de las Ciencias*, (19) 2, 231-242

GLASER, R. (2003) *Biofísica*, Editorial ACRIBIA, Zaragoza, España. ISBN: 84-200-1008-1

GRÜNFELD, V. (1991) *El caballo esférico*, Editorial Lugar Científico, Buenos Aires. ISBN: 950-9129-50-x

MIETTINEN, R. (1992). *Trascendiendo el aprendizaje escolar tradicional: el trabajo de los maestros y las redes de aprendizaje*. Perspectives on Activity Theory. Cambridge, University Press.

MIETTINEN, R. (2000). *The concept of experiential learning and John Dewey's theory of reflective thought and action*. *International Journal of Lifelong Education* 19(1), 54-72

MUÑOZ, J.C., VALES FLORES, M. CASSIBBA, R. (2011) *Por qué es necesaria una Didáctica de la Biofísica* *Anales Asoc. Física Argentina, AFA*, (23), 1, 20-31

PERKINS, D. & BLYTHE, T. (1994) *Putting understanding up-front* *Educational Leadership*, 51 (5) 4-7

POGRÉ, P. & LOMBARDI, G. (2004) *Escuelas que Enseñan a Pensar* Editores Papers, Buenos Aires ISBN: 987-20570-4-4

POGRÉ, P. (2007) *Cómo enseñar para que los estudiantes comprendan* Diálogo Educ. (7) 20, 25-32 Curitiba, Revista electrónica.

REICH, S., SILVA, A.M., y otros (2010) *Apuntes de Cátedra, Física e Introducción a la Biofísica*, Universidad de Buenos Aires, CBC, Ed. Villoldo, ISBN: 978-987-21295-5-2

SILVA, A.M. & TREJO, M.F. (2013 a). *Articulación mediante tics entre las facultades de la salud y la vida y las sedes lejanas del CBC en la enseñanza de la Biofísica* Memorias de la XVIII Reunión Nacional de Educación en la Física REF, UNCT 15-29, ISBN 978-950-33-0925-4

SILVA, A.M., TREJO, M.F., LAZARTE, A.I. (2012) *Uso de modelos experimentales interactivos como instrumento mediador en el aprendizaje de la biofísica en el primer año de la formación universitaria*

Memorias de las VIII Jornadas de Material Didáctico y Experiencias Innovadoras en Educación Superior, 7 y 8 de agosto de 2012. Centro Universitario Regional Paternal – UBA, ISSN 1853-3159

SILVA, A.M. & TREJO, M.F. (2011) *Experiencias abiertas de aula para plantear y resolver problemas de Física* Memorias de la XVII Reunión Nacional de Educación en la Física REF / compilado por Vicente Capuano. - 1a ed. - Universidad Nacional de Córdoba, 1 – 12. ISBN 978-950-33-0925-4

SILVA, A.M., ARISTEGUI, R, y otros (2000) *Física I y II Polimodal*, Editorial Santillana, ISBN: 950-46-0721-7

STONE WISKE, M. (1999) *La Enseñanza para la Comprensión. Vinculación entre la Investigación y la práctica* Colecciones Redes de Educación, Editorial Paidós ISBN: 978-950-1255-011

SZTRAJMAN, J. (2011) *Una experiencia de integración de contenidos en Biofísica* REDISUP, N°1. ISBN: 1853-3159