
PLANTEO DE UNA PROPUESTA DE COORDINACIÓN DE CONTENIDOS DE FÍSICA Y BIOLOGÍA PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN EL NIVEL MEDIO

LORENZO MARCOS IPARRAGUIRRE⁽¹⁾; ANA LÍA DE LONGHI⁽¹⁾;
MARÍA SOLEDAD JAUREGUALZO DE RUIBAL⁽²⁾ ;
MARGARITA GENERO DE LABONIA⁽²⁾ ; SILVANA PATRICIA BONGIOVANI⁽³⁾

⁽¹⁾ Facultad de Matemática Astronomía y Física (Fa.M.A.F.). Universidad Nacional de Córdoba.

⁽²⁾ Profesorado de Matemática Física y Cosmografía del Instituto de Enseñanza Superior Simón Bolívar, de la ciudad de Córdoba.

⁽³⁾ Liceo General Manuel Belgrano (ex. Liceo de Señoritas), de la ciudad de Córdoba.

Fa.M.A.F. (U.N.C.): Haya de la Torre y Medina Allende. Ciudad Universitaria. 5000 - Córdoba.
TE. 051-334051/52/55; Fax: 051-334054 . E.mail: De-longhi@mate.uncor.edu.

RESUMEN

En el marco de una Pasantía que realizan tres profesoras de Física en la FaMAF, se discute la posibilidad de llevar a cabo una propuesta de coordinación de contenidos de Biología y Física sobre la base del planteo de situaciones integradoras. Se eligen temas relacionados con la termorregulación y el aparato circulatorio del hombre y de otras especies animales, y se discuten aspectos importantes del aprendizaje significativo de algunos de los conceptos de Física involucrados.

A través de un diagnóstico de la situación se analiza la formación previa de los alumnos de profesorado de Física en esos temas, y sobre esta base se establecen algunos lineamientos de trabajo que se ponen en práctica con los alumnos del profesorado. Algunos de los alumnos del último año de la carrera a su vez desarrollan prácticas pedagógicas variando las posibilidades de la propuesta y sus resultados se presentan y discuten resumidamente.

ABSTRACT

Within the framework of a teaching assistantship, carried out by three secondary school teachers, we discuss the possibility of integrating topics of physics and biology on the premises of adequate selected situations. We choose topics related to the human thermal regulation and its circulatory system, and also of other species. We discuss relevant aspects of significative learning and the physical concepts involved.

We use the above results to analyze the previous knowledge of students in the physics teacher's school, on the topics of interest. On this basis we design some strategies to be used in the physics classroom. Some advance students implement new pedagogical strategies, changing the input of the proposal. We summarize and discuss these results.

INTRODUCCIÓN

Motivados por las reformas actuales en educación, y dentro de las Ciencias Naturales nos hemos formulado las siguientes preguntas: se está pensando en relacionar contenidos disciplinares como parte de un área, ¿están los profesores preparados para abordar esta área con una visión integral? ¿cómo tratar esta problemática desde los Profesorados?

Consideramos que diseñar un curriculum para Ciencias Naturales es un desafío que conduce a tomar decisiones a nivel de la planificación, de la práctica y de la evaluación de cada una de las asignaturas que componen el "área programática".

Creemos que el primer paso es realizar un

análisis crítico desde la Didáctica de las Ciencias y desde la lógica de cada disciplina, para posteriormente determinar "ejes conceptuales estructurantes" de los contenidos y actividades para cada una de ellas.

En este trabajo hemos elegido los alumnos de profesorado de Física como el lugar del sistema educativo por donde comenzar la discusión, y hemos llegado a ciertos desarrollos que consideramos de interés presentar.

FUNDAMENTACIÓN

En la actualidad debido al avance de las ciencias y la tecnología, es común abordar de forma multidisciplinar algunas problemáticas de investigación y desarrollo. Para los que se dedican a enseñar Ciencias hay dos grupos de razones que justifican la necesidad de establecer algún tipo de relación entre las ciencias experimentales (Física, Química y Biología) al planificar y enseñar un determinado tema.

La primera razón tiene que ver con una normativa que deriva de la Reforma Educativa actual. Ella nos plantea el desafío de pensar los contenidos "a enseñar" de Física y Biología como pertenecientes al área de Ciencias Naturales (Arsac, Develay, y Tiberghien, 1989). Así también se espera que el alumno logre una "alfabetización científica" (Sáez Beames y Carretero, 1996) centrada en la capacidad para resolver problemas. Dicha alfabetización, a nivel del Polimodal, requiere - entre otras cosas - formalización de conceptos básicos y una visión integrada de los fenómenos naturales (Ministerio de Cultura y Educación de la Nación, 1996).

La segunda razón deriva de la Didáctica de las Ciencias, a partir de la cual se genera un marco teórico que se manifiesta en los criterios de selección y organización de sus contenidos y actividades.

El conocimiento "a enseñar" sufre un proceso de selección y organización validado desde diferentes perspectivas: desde la misma disciplina (criterios lógicos), desde sus posibilidades de ser aprendido (criterios psicológicos), desde la problemática socio-institucional (criterios socioculturales) y desde su funcionamiento en situaciones de clase (De Longhi A.L., 1996).

En el diseño curricular se opta por un enfoque que puede partir de la ciencia pura o de la aplicada (Gil Pérez y otros, 1993). También se

plantean diferentes grados de interrelación entre las disciplinas. Se habla de ciencias separadas, coordinadas y hasta integradas (Aranega, De Longhi y Randazo, 1984) (Gil Pérez y otros, 1993).

Haciendo una revisión de los proyectos actuales encontramos con más frecuencia los dos últimos tipos. Generalmente las propuestas de integración de disciplinas son para los primeros años escolares y las de coordinación para los últimos del secundario.

"Los defensores de la Ciencia Integrada argumentan que este enfoque explicita más claramente lo que es común a todas las ciencias y permite una comprensión más global de los fenómenos naturales" (Gil Pérez y otros, 1993). La Coordinación implica como base una estructura de ciencias separadas que luego acuerdan su programación de contenidos, tiempos, metodologías y situaciones de enseñanza y aprendizaje.

Nuestra propuesta es de coordinación de contenidos de Biología y Física provocada por situaciones integradoras.

Partimos de la idea de que cualquiera sea la estrategia de enseñanza-aprendizaje que se utilice en una clase de Ciencias, el curriculum de ésta funciona "como una bisagra entre el discurso natural de sentido común y el discurso no natural de la investigación científica" (Wolpert, 1994). Por esta razón es necesario plantear situaciones de la vida cotidiana que para su comprensión requieren transitar hacia la conceptualización científica.

Coincidimos con la expresión de Sáez y Carretero (1996) de que "urge encontrar fórmulas de integración y coordinación posibles y eficaces de cara a posibilitar una aproximación de los adolescentes a los temas científicos que le permita mantener el interés y la atención en los avances de las ciencias y en sus repercusiones sociales", y también creemos que se debe posibilitar la formalización de los conceptos de cada disciplina que participa, superando la visión fenomenológica inicial.

Por ello coincidimos además con los que opinan que a medida que avanzan los cursos de secundario es necesario respetar la estructura interna de cada disciplina. A este nivel la "integración", como perspectiva de interpretación de la realidad, es un punto de llegada que construye el alumno gracias a la profundización

en cada disciplina y la resolución de situaciones problemáticas abiertas y compartidas por las disciplinas que componen el área programática.

En este trabajo se discute la posibilidad de enseñar parte de los contenidos de Física a través del planteo y tratamiento de situaciones problemáticas elegidas o construidas a partir de procesos fisiológicos. Hemos considerado que éstos constituyen una fuente interesante de situaciones integradoras porque se relacionan con vivencias y sensaciones que seguramente todos han tenido y tienen oportunidad de experimentar, y sobre las cuales es casi seguro que todos han sentido alguna vez curiosidad, han recibido alguna vez explicaciones de médicos, de otras personas dentro y fuera de la escuela, y hasta de diversos medios de comunicación, a partir de lo cual seguramente han reflexionado y elaborado alguna interpretación personal. Estas interpretaciones constituyen las teorías explicativas que sirve de marco de referencia, a cada persona, para la construcción en la escuela de los significados referidos a los temas que vamos a abordar.

Ahora bien, la necesidad o conveniencia de establecer relaciones entre Física y Biología no es algo nuevo. Si bien creemos que se desperdician muchas oportunidades de recurrir a ejemplos de Biología al enseñar Física, hemos notado que en algunos temas de Biología se recurre casi invariablemente a la mención de leyes, conceptos o principios de Física, sugiriéndose en cierta forma que el proceso o el funcionamiento del aparato en cuestión queda explicado a través de algún esquema propio de la Física.

Así por ejemplo tenemos que usualmente al hablar del corazón se lo describe como una bomba (sin discriminar el tipo de bomba, ni profundizar en cómo funciona); el estado de salud de las personas se asocia con la temperatura (se controla si alguien tiene fiebre, o a veces, si "tiene temperatura" manifestando la confusión temperatura=fiebre) y con la energía ("fulano no tiene energía ni para caminar"); los huesos con sus articulaciones son descriptos como sistemas de palancas, etc.

Sin ignorar lo positivo de que se establezcan estas relaciones, creemos que no llegan a ser suficientemente fructíferas. Presentaremos en este trabajo resultados que sugieren que en la enseñanza escolar hay aplicación de conceptos de Física a temas de Biología, y que sin embargo la transferencia que se logra de los conceptos y razonamientos de Física a la explicación de procesos fisiológicos básicos es completamente superficial e insatisfactoria. En cierta forma

parece que el lograr poner al fenómeno un rótulo indicando un tema de Física que supuestamente contiene la explicación de su funcionamiento, libera del compromiso de tener que profundizar en la explicación.

La hipótesis subyacente en este trabajo ha sido que a pesar de todo esto, y a pesar de las complicaciones propias de los procesos fisiológicos, la posibilidad de establecer relaciones del tipo de las mencionadas entre Física y Biología, debe seguir explorándose, que puede dar interesantes frutos y que deben encontrarse formas de lograrlo.

CALOR Y TEMPERATURA: CONCEPTOS REVELADORES

Calor y temperatura son conceptos de la Física que tienen una relación especial con la Biología, ya que tienen su origen en nociones intuitivas, basadas en la interpretación de estímulos sensoriales, y el estudio formal de los mismos debe partir (y generalmente lo hace) de un esfuerzo de interpretación de estos estímulos y sensaciones. Además la aplicación de conceptos simples de Física es importante para saber conducirse adecuadamente frente a los cambios de temperatura ambiente, y aún más para entender dichos cambios y sus consecuencias, por lo cual el estudio de esos problemas cotidianos puede ser una adecuada motivación y una excelente oportunidad para presentar y desarrollar innumerables aspectos del tema calor y temperatura, así como para plantear interesantes relaciones con biología.

Por otra parte la comprensión de muchos aspectos de estos fenómenos requiere a su vez del conocimiento de aspectos mecánicos del aparato circulatorio, y por ello estudiar estos temas también sirve como aplicación de conceptos de hidrodinámica, y a veces como presentación de los mismos, cargada de elementos motivadores para su estudio.

De acuerdo con la difundida teoría de Ausubel, el aprendizaje significativo de un concepto en la escuela implica teóricamente relacionar la información recibida con las ideas previas, y lograr, luego de un proceso, que los conceptos aprendidos queden subsumidos en una estructura articulada lógicamente, capaz de dar explicaciones en función de los conceptos y las leyes estudiadas.

Los conceptos calor y temperatura, por sus

características particulares, se ven involucrados en varias cuestiones muy notables que surgen de la observación diaria, y para las cuales los sujetos de la instrucción ya tienen elaborada una interpretación personal. De manera que una forma de analizar si el aprendizaje de estos conceptos ha sido significativo es a través de las respuestas que los alumnos dan a esas cuestiones.

Hemos seleccionado las siguientes cuestiones que consideramos que tienen esas características:

* Cuáles son las razones físicas para abrigarse en los ambientes fríos.

* Por qué en un ambiente frío los metales en general se sienten como más fríos que los otros materiales.

* Por qué transpiramos abundantemente en los días calurosos, y por qué una corriente de aire siempre produce la sensación de frío en la piel mojada, aún en los días en que la temperatura del aire es superior a la corporal ($t_a > 37^{\circ}\text{C}$).

* Por qué se "congelan" o entumescen los dedos en días muy fríos, qué relación guarda este hecho con la "mala circulación"; y por qué en días igualmente fríos esto puede no ocurrir.

No todas estas cuestiones entrañan el mismo grado de dificultad o profundidad, y no pretendemos que el aprendizaje significativo de los conceptos asociados con calor y temperatura, a nivel de la Enseñanza Media, implique la capacidad para responder correctamente todas

ellas. Sin embargo sí consideramos razonable pretender que dicho aprendizaje, en este nivel, y dadas las características particulares de estos temas, implique:

a) como consecuencia de haber intentado relacionar la información suministrada con las ideas y vivencias previas,
- haber reflexionado sobre todas estas cuestiones planteadas, y
- haber detectado al menos algunos conflictos (cognitivos) o aparentes paradojas entre las interpretaciones personales y las consecuencias derivadas de la instrucción recibida;

b) como resultado de haber intentado integrar la nueva información con las ideas previas en una estructura lógica capaz de dar explicaciones en función de los conceptos y las leyes estudiadas,
- haber elaborado conjeturas tendientes a aclarar los conflictos y aparentes paradojas, y
- haber logrado aclarar correctamente (según el marco teórico) algunos de los conflictos emergentes de las cuestiones presentadas aquí.

Complementando estas consideraciones, en el siguiente cuadro hemos resumido algunas de las conclusiones a las que debería haber arribado un alumno que hubiera aprendido significativamente los conceptos básicos o importantes de los temas calor y temperatura en la escuela media, junto con las sensaciones, observaciones o vivencias que debe haber experimentado, y la información a la que debe haber accedido.

Principales sensaciones, observaciones, y vivencias.	Información de la que seguramente se dispone.	Conclusión o explicación correcta a la que debería haber arribado.
(1) El abrigo adecuado protege del ambiente frío, proporcionando una agradable sensación de calor.	Se trata de que los abrigos sean aislantes térmicos, para lo cual deben ser malos conductores del calor, y deben impedir la libre circulación del aire ambiente sobre la piel.	El factor determinante en esto es la aislación térmica proporcionada por el abrigo, la cual impide o dificulta el escape excesivo del calor generado por el cuerpo. El abrigo no genera calor de por sí.

<p>(2)</p> <p>Es tremendamente agobiante permanecer en un ambiente con temperaturas cercanas a 37°C (temperatura del cuerpo), y una corriente de aire a temperatura ambiente siempre alivia en algún grado. Este alivio tiene lugar aún cuando la temperatura del ambiente esté por encima de los 37°C.</p> <p>Una corriente de aire siempre produce la sensación de frío en la piel mojada, aún en los días muy calurosos.</p> <p>Habiendo viento se siente más frío estando mojado fuera del agua, que estando dentro de ella, o que estando seco. Aunque una botella con alcohol a temperatura ambiente en un día cálido no se percibe como fría, sí se siente frío al esparcirse alcohol sobre la piel. El cuerpo naturalmente genera calor, y nunca frío.</p>	<p>El calor fluye, en cada lugar, desde donde la temperatura es mayor hacia donde es menor, y nunca en sentido inverso.</p> <p>El efecto básico, más simple, observable en lo cotidiano, de su-ministrar calor a un cuerpo, es hacer que suba su temperatura.</p> <p>La evaporación del agua requiere una enorme cantidad de calor, cuya absorción no resulta en un aumento de temperatura sino en el cambio de estado:</p> <p>líquido → vapor.</p> <p>Los procesos metabólicos generan naturalmente cierta cantidad de calor.</p>	<p>El factor determinante en la regulación de la temperatura del cuerpo cuando la temperatura ambiente es alta, es la gran absorción de calor al evaporarse la transpiración.</p> <p>Ese mecanismo es necesario con la temperatura ambiente cercana a la del cuerpo, aunque no alcance su valor, porque los procesos vitales del cuerpo generan inevitablemente calor que debe ser transferido al exterior.</p> <p>No hay absolutamente ningún otro mecanismo (natural) de enfria-miento del cuerpo cuando la temperatura ambiente supera los 37°C, más que la evapo-ración del agua (en general transpirada, pero también dentro de los pulmones).</p>
<p>(3)</p> <p>A veces se "huelan" o entumescen los dedos en ambientes muy fríos.</p> <p>Una forma de desentumecerlos es realizando movimientos o fro-tamientos vigorosos.</p> <p>A veces, en condiciones simi-lares de permanencia y exposi-ción al frío, los dedos no se entu-mecen.</p>	<p>La tendencia al entumecimiento de los dedos tiene que ver con "mala circulación".</p> <p>El organismo tiene la facultad de producir "vasodilatación", o también "vasoconstricción".</p>	<p>Durante la exposición de las extremidades a los ambientes fríos, el calor es suministrado a éstas fundamentalmente por medio de la circulación san-guínea.</p> <p>La regulación del calor suministrado a las extremidades en estas condiciones, se lleva a cabo esencialmente regulando el caudal de sangre. Por medio este mecanismo, además, se podría disipar rápidamente en las extremidades el calor producido en el cuerpo, razón por la cual frecuentemente el organismo reduce el caudal permitiendo que se entumescan los dedos.</p>
<p>(4)</p> <p>El frío (de intensidad moderada) capaz de producir entume-cimiento de los dedos y otros malestares, nunca llega a pro-ducir el deterioro de funciones corporales superiores, como el funcionamiento cerebral o res-piratorio. El caudal sanguíneo por un miembro puede dis-minuirse, como en un entume-cimiento, o llegar a anularse, como en el caso de algún acci-dente grave con aplicación de torniquete o amputación de un miembro, sin que eso signifique alterar el caudal en otras partes.</p>	<p>El caudal sanguíneo a través de los diversos órganos puede ser variado independientemente, aunque hay situaciones que pro-ducen un aumento simultáneo de todos los caudales a través del aumento de la actividad cardíaca.</p>	<p>Las conexiones entre los distin-tos conductos del sistema circulatorio son tales que mientras toda la sangre circula necesaria-mente cada vez a través, por ejemplo, de los pulmones (conexión en serie), el suministro a algunas partes puede ser variado grandemente sin afectar a otras (conexión en paralelo).</p>

En el cuadro se han omitido algunas cuestiones importantes tales como el frío de los metales, porque pensamos que es muy probable que el alumno de estos niveles pueda repetir la explicación "porque son buenos conductores del calor", sin haber comprendido significativamente lo básico de estos temas, tanto como haber aprendido significativamente los conceptos básicos, sin poder organizar una explicación satisfactoria para esto. Asimismo consideramos que la cuestión planteada en el cuadro No 4, acerca de si partes del sistema circulatorio están conectadas en serie o en paralelo, difícilmente sea abordada en esos términos por un alumno que no haya estudiado circuitos eléctricos (no decimos hidráulicos porque no es en general tema de estudio de la escuela media). Pero a lo largo de esta propuesta, en nuestras discusiones y desarrollos experimentales encontramos que estos conceptos son fundamentales en la descripción del sistema circulatorio, y como los circuitos eléctricos constituyen un tema muy generalizadamente estudiado, nos ha parecido interesante averiguar si tiene lugar algún tipo de transferencia de los conceptos allí estudiados a las problemáticas del aparato circulatorio.

UN DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN

Con el fin de determinar hasta qué punto estas cuestiones que estamos mencionando son realmente comprendidas al transitar por la escuela media, elaboramos un cuestionario que trataba de ser breve y de fácil sistematización de resultados, con ítems estructurados y semiestructurados (ejemplar en el Anexo, al final). Este cuestionario, que estaba destinado en principio a un grupo de alumnos de profesorado de Física, se adapta directamente para otros niveles y situaciones, y consta de las cuatro partes descriptas a continuación.

1° Parte: se solicitan al encuestado datos acerca de si él, al cursar el nivel medio estudió temas de Física estableciendo relaciones con temas Biología, junto con algún detalle acerca de si las relaciones fueron establecidas por iniciativa propia o por iniciativa de su profesor.

2° Parte: se plantean cuatro situaciones más o menos cotidianas, y se solicita que se elija para cada una un elemento de una lista de posibles "elementos explicativos". Estos elementos son conceptos tomados de la Física o de la Biología, elegidos (luego de muchas discusiones) de manera que permitan detectar si quien responde asocia correctamente los conceptos, y además, si

muestra preferencia por explicar las situaciones cotidianas con conceptos de Física o de Biología, en los casos en que tienen lugar las dos posibilidades.

3° Parte: con estructura parecida a la segunda parte, se da una lista de ocho temas o conceptos de Física, y se pide elegir, para cada uno, un ejemplo ilustrativo entre una lista de fenómenos o aparatos, elegidos más o menos con las mismas intenciones que los "elementos explicativos" de la segunda parte.

4° Parte: se solicitaban algunas precisiones acerca de si, al tema de las diversas formas de transferencia del calor, el encuestado lo enseñaría recurriendo a la búsqueda de relaciones con temas de Biología, o no, y cómo lo haría.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO

El cuestionario fue sometido a alumnos de Física I de primer año, de Física III de tercer año, y de Metodología y Práctica de la Enseñanza de cuarto año, del Profesorado de Matemática, Física y Cosmografía del Instituto de Enseñanza Superior Simón Bolívar, y a unos pocos alumnos de Didáctica Especial y Taller de Física, de cuarto año del Profesorado de Física de la Fa.M.A.F. Para evitar la influencia de ciertas irregularidades que tuvieron que ver con el proceso en los grupos de los años superiores, que eran además muy reducidos en número, los porcentajes para esta discusión se calculan sobre la base de 35 alumnos de primer año del I.E.S. Simón Bolívar. Pero es importante decir que no hubo diferencias dignas de ser destacadas entre los resultados que vamos a discutir, y los de todos los otros grupos.

En principio digamos que una de las posibilidades consideradas al diseñar el cuestionario había sido la de detectar si usualmente las personas pueden prescindir de los conceptos de Física para llegar a conclusiones más o menos correctas sobre los procesos fisiológicos y sobre algunos problemas simples que se plantean acerca de ellos. Fue muy difícil operativizar esta intención; en general quedó plasmada en términos de si los encuestados se podían dividir, o no, en dos grupos: uno con preferencias y habilidad para elegir buenas explicaciones y ejemplos de Biología, y otro con preferencia y habilidad para las buenas explicaciones y ejemplos de Física, para los mismos procesos planteados. Los resul-

tados emergentes del análisis del cuestionario mostraron que eso no parece ocurrir así en realidad.

Encontramos que las explicaciones de la Biología, al menos las que corresponderían a las cuestiones que llegamos a plantear, no prescinden de la Física, y que es natural considerar conceptos de Física como base de las explicaciones de algunos procesos fisiológicos (aunque haya errores involucrados).

Lo que la mayor parte de las respuestas sugiere es esencialmente una marcada tendencia a simplificaciones excesivas e injustificadas de los aspectos complejos de la situación, junto con el desconocimiento parcial de la misma. Es decir una "trivialización" del enunciado, que lleva al encuestado a responder de una manera superficial, más o menos errónea, con algunos aspectos positivos, pero sin evidencia de ningún esfuerzo de aplicación de alguna ley o concepto más allá de lo trivial o superficial. Definitivamente creemos que esto es un viejo problema en el aprendizaje (y la enseñanza) de la Física, la "metodología de la superficialidad" (Carrascosa Alis y Gil Pérez, 1985), la cual no necesita de la interacción con la Biología para manifestarse, y que de ninguna manera revela que exista una posibilidad especial de pensar en Biología prescindiendo de la Física.

Por otra parte, yendo a los detalles de las ideas sobre conceptos específicos, y dejando de lado algunas respuestas visiblemente contradictorias o inaceptables, podemos hacer el siguiente resumen de lo obtenido en la segunda y tercera partes del cuestionario.

1. La función de las ropas gruesas de trama esponjosa, o las pieles de espeso pelaje es asociada (correctamente) con la aislación térmica por un 30% de los encuestados; un número bastante mayor, 44%, que incluye alumnos del último año, prefiere asociarlo con la "generación de calor por las ropas de abrigo".

Por otra parte la mayoría elige ejemplos correctos de aislación térmica: un 50% elige la doble pared de vidrio en los exhibidores de carne de los supermercados, y un 25% elige el aire contenido entre los poros de la ropa de lana.

Podríamos decir que el concepto de aislación/conducción térmica es un concepto de física que se presenta frecuentemente asociado con temas de biología, y al cual los alumnos identifican fácilmente, aunque fracasan en la

interpretación correcta de lo que sucede cuando hay que hacer esfuerzos especiales para ello.

2. Acerca de la termoregulación del organismo en los ambientes muy calurosos, podemos decir que prácticamente nadie mostró entenderla, es decir nadie mostró conocer la explicación del efecto del ventilador a través de la evaporación de la transpiración, o simplemente, el papel de la transpiración en la termoregulación. Así fue que el 75% de los encuestados interpretó que "el alivio que se siente colocándose frente al ventilador en un día de intenso calor, con 43°C de temperatura ambiente", se explica a través del concepto "enfriamiento por circulación de aire". Esto era previsible porque la situación realmente requiere un esfuerzo de interpretación, pero la explicación elegida contradice nociones básicas, y sugiere un aprendizaje superficial, un aprendizaje de pseudoconceptos, cuyo significado radica exclusivamente de su nombre, con independencia del marco teórico que debería contenerlos.

Por otra parte sí resultó muy conocido (70% de las preferencias), el concepto de calor de vaporización del agua, a través del ejemplo del calentamiento del agua en las máquinas de las cafeterías. Esto muestra que el concepto de calor de vaporización del agua es conocido pero no se lo aplica a una situación cotidiana que lo requiere, y que se prefiere explicar ésta contradiciendo abiertamente las leyes enseñadas en el marco de la instrucción formal.

3. Acerca de la transferencia de calor por circulación de fluidos como explicación para el entumecimiento o no de los dedos, resultó ser un fenómeno relativamente conocido (alrededor de un 30% de asociaciones correctas), aunque la complejidad del proceso sugiere dudar de que se comprendan bien los detalles.

4. Acerca de las posibilidades de tomar de la electricidad los conceptos de conexión en serie o en paralelo para aplicarlos en Biología, resultó que:

- no hubo asociación con electricidad partiendo desde temas de Biología; es decir, a partir de cuestionarse porqué el caudal sanguíneo podía variarse de determinadas maneras, nadie pensó en señalar que la conexión en serie o en paralelo pudiese ser un elemento explicativo.

- sí hubo alguna asociación cuando partiendo de los circuitos eléctricos se ofrecieron ejemplos que lo facilitaron, lo cual no significa que las asociaciones hayan sido correctas. Por ejemplo, el conjunto "aurícula derecha - ventrículo dere-

cho - pulmones - aurícula izquierda - ventrículo izquierdo”, fue elegido como ejemplo de conexión en serie tanto como en paralelo (~ 10% cada uno).

Por otra parte, la abundancia de ejemplos que se eligieron en la electricidad para los conceptos “conexión en serie”, o “conexión en paralelo”, muestra que los encuestados habían estudiado el tema (difícilmente, con estos títulos, fuera de la escuela) y lo recordaban. Pero nuevamente la elección de los ejemplos está viciada de superficialidad, ya que, por ejemplo, “circuito eléctrico” fue el ejemplo más elegido, tanto de conexión en serie como de conexión en paralelo (alrededor del 40%, en ambos casos), siendo que había varios ejemplos interesantes disponibles específicamente para cada uno. El conjunto “luces, heladera, TV, etc., encendidos al mismo tiempo” que fue el que le siguió, también está repartido entre serie y paralelo (~20% cada uno).

5. Surgió claramente reconocido el papel del corazón como una bomba, pero no hay ningún indicio de que se haya ido más allá de lo superficial: ~ 45% de los encuestados eligió el corazón como ejemplo de bomba aspirante impelente (incorrectamente, ya que el corazón no tiene posibilidad de aspirar), teniendo la posibilidad de elegir un bombeador de una estación expendedora de combustible (y a ésta que sí es un ejemplo correcto, sólo la eligió un 20%). Por otra parte sólo un 10% de los encuestados consideraron al corazón ejemplo de bomba impelente (que es lo que realmente es). Estas son cosas que en general no se dicen en los libros, pero que son sencillas para quien ha realizado algún esfuerzo de invención o de interpretación. Vemos que siempre es ese el punto débil.

Por último digamos que casi todos los encuestados respondieron la primer parte manifestando no haber establecido relaciones con la Biología al estudiar Física en su instrucción secundaria, y en la cuarta parte se mostraron partidarios de enseñar los temas allí mencionados estableciendo esas relaciones y proponiendo para ello diversas secuencias.

Los resultados expuestos contribuyen a corroborar nuestras suposiciones previas acerca de que en el proceso de enseñanza se establecen relaciones entre Física y Biología, pero que son escasas y que de ninguna manera son suficientes para que el aprendizaje de los conceptos de Física involucrados sea significativo.

Consideramos que para corregir esta situación es necesario insistir en el tratamiento de situaciones problemáticas de interés aplicando la Física para su interpretación, y que la Biología ofrece especiales oportunidades para ello. A continuación describimos hasta dónde han llegado, dentro del conjunto de los temas aquí tratados, nuestros esfuerzos e ideas en ese sentido.

UNA PROPUESTA POSIBLE

En función de los resultados del diagnóstico se desarrolla una propuesta cuyo objetivo fundamental es mejorar la enseñanza y la comprensión de temas de Física a través del planteo y tratamiento de situaciones problemáticas relacionadas con la termorregulación y con aspectos del aparato circulatorio. Esta propuesta es un ejemplo de aplicación de la idea de partir de situaciones integradoras en un curriculum coordinado, aprovechando las posibilidades que ofrecen estos temas.

En primer lugar los contenidos de Biología deben ser repasados y enfocados dentro de las necesidades de la propuesta, lo cual puede lograrse a través de preguntas que sugieran el planteo de situaciones problemáticas de partida, tales como las siguientes:

* ¿Para qué/por qué mantener estable la temperatura en diversas condiciones? Analizar casos diversos: homeotermos, poiquilotermos.

* ¿Cómo logran unos y otros (homeotermos y poiquilotermos) la estabilidad o la preservación de sus funciones vitales a pesar de los cambios de temperatura ambiente? Analizar casos y causas o razones de adaptaciones diversas, y de aspectos complementarios o secundarios interesantes.

La idea es que la búsqueda de las respuestas, junto con los análisis que se sugieren, sirva de guía y motivación para un desarrollo y profundización adecuados de los temas:

- Calor, temperatura, y energía.
- Conducción del calor - cuerpos buenos y malos conductores - aisladores.
- Convección forzada: circulación de la sangre y otros sistemas de calefacción o refrigeración por circulación de fluidos. Aspectos generales importantes del sistema cir-

culatorio, y de los otros sistemas. Vasoconstricción - vasodilatación.

- Calor de cambio de estado - evaporación del agua.

Se considera que los contenidos de física deben ser desarrollados de manera formal dentro de la disciplina, y que también deben ser presentados y tratados en relación con las situaciones problemáticas escogidas. Hay más de una forma adecuada de hacer esto, y al final damos algunos ejemplos de actividades planificadas por los alumnos participantes del último año del Profesorado.

Es una parte importante de nuestra idea, precisamente, que el alumno debería comprometerse tratando de inventar algo que sea la respuesta a algún problema o planteo adecuado. Consideramos la invención como una actividad indisolublemente unida al tratamiento de situaciones problemáticas, y en este caso aparecen varias posibilidades de ejercitar el concepto de invención:

- se pueden inventar explicaciones e interpretaciones para informaciones extraídas de diversos textos seleccionados.

- se pueden inventar aparatos que obedeciendo determinadas leyes cumplan con determinados requisitos de funcionamiento.

Estos aparatos pueden ser diseños (de "lápiz y papel") que ejerciten la aplicación de leyes y razonamientos para facilitar la comprensión y el análisis de fenómenos más complejos, como por ejemplo:

* "Diseñar (parcialmente) un sistema capaz de mantener constante la temperatura de un cuerpo, en determinadas condiciones ambientes con cierto grado de variabilidad (agregando algunas condiciones que imiten características de determinadas especies animales)"; o bien,

* "Inventar cómo producir la circulación de un fluido (como la sangre), en un circuito construido con materiales de tales y cuales propiedades (las propiedades de los tejidos venosos y arteriales, seleccionadas adecuadamente) de manera de poder irrigar de tales y tales maneras tales y tales tejidos, y lograr además tales otros efectos"; o bien,

* "Inventar posibilidades para el sistema de capilares para intercambio de calor a contra-

corriente que utilizan algunos peces de sangre caliente para evitar perder excesivas cantidades de calor al agua en las branquias".

Y además también pueden ser aparatos que realmente se construyan además de inventarse o diseñarse, constituyendo ya sea experiencias muy simples o ya sea cosas más elaboradas como por ejemplo: construir un sistema circulatorio con mangueras de goma y otros elementos simples, respetando determinadas consignas que se establezcan.

Para estas cosas siempre falta tiempo, pero la enseñanza que pueden dejar es incomparablemente valiosa. Por ejemplo en nuestro caso, hicimos un aparato circulatorio con un corazón de sachets de lavandina (enviado para su presentación a la X Reunión de Educación en Física-1997-Mar del Plata; con el título "Modelizando el aparato circulatorio para aprender física de la vida cotidiana") y al hacerlo surgió indiscutible, casi trivial, la diferencia entre un corazón "impelente" y uno "aspirante-impelente", así como la importancia de los conceptos de conexión en serie o en paralelo de algunos elementos, terminando inmediatamente las discusiones y controversias que hasta ese momento habían tenido lugar. También surgió inmediatamente la conveniencia de que el bombeador tenga dos cavidades contráctiles (aurícula y ventrículo), y que estén una directamente contra la otra.

ALGUNOS PRIMEROS RESULTADOS A TRAVÉS DE LAS PRÁCTICAS PEDAGÓGICAS.

La propuesta se llevó a la práctica directamente en Física I (1er Año) y en Física III (3er Año) del Profesorado de Matemática Física y Cosmografía del IES Simón Bolívar de la Ciudad de Córdoba, mientras que se sugirió a los alumnos de Metodología y Práctica de la Enseñanza (4to Año) aplicar la propuesta en sus prácticas, lo que así hicieron en dos cursos de Física del mismo profesorado y en uno del secundario. Muchas de las ideas que contiene la propuesta todavía no han sido llevadas a la práctica, el proceso es lento y sujeto a muchas interferencias. Aquí sólo estamos en condiciones de ofrecer una evaluación muy parcial aún, de la misma, a través de las planificaciones de las prácticas de los alumnos del último año del profesorado que participaron. Consideramos muy alentador lo que se ha reflejado en la organización de las prácticas de estos alumnos, resumido a continuación.

Temas: los temas elegidos en todos los casos plantean una visión complementaria

entre la Biología y la Física.

FÍSICA	BIOLOGÍA
* Calor y temperatura * Energía	Termorregulación humana
* Hidrostática y Neumostática * Hidrodinámica	Aparato circulatorio y respiratorio humano y animal en general

Objetivos: Los objetivos presentados en las planificaciones explicitan la necesidad de establecer las relaciones entre temas de las disciplinas y de transferir conceptos de Física a la interpretación de situaciones de la vida cotidiana.

Coordinación Física-Biología: En todos los casos se intentó un desarrollo coordinado de la Física y de la Biología. También se retomaron los conceptos y procedimientos de la "Ciencia Pura" y en algunos se refirieron a "Ciencia Aplicada" (principalmente en las actividades). (Gil y otros, 1993).

Se generaron tres situaciones diferentes:

1. Desde el inicio se desarrollaron conjuntamente los temas de Física y Biología.
2. Se desarrollan los temas de Física y posteriormente con ellos se buscan respuestas a preguntas planteadas desde la Biología.
3. Se plantean los temas de Física y en las actividades se los relaciona con observaciones de hechos de la vida cotidiana.

Planteo de actividades: Para los temas de Física se elaboraron Guías de Actividades y de Trabajos de Laboratorio. La relación con los temas de Biología en todos los casos se trató con exposición dialogada complementaria de lo anterior.

No se desarrollaron en estas prácticas trabajos de Laboratorio que permitan el abordaje compartido de las disciplinas. Es algo que habría que lograr.

Evaluación: Al evaluar la experiencia de los alumnos del profesorado en todos los casos manifestaron que este tipo de tratamiento les permitió tener contacto con la realidad y visualizar posibles relaciones en Ciencias Naturales, no sólo para estos temas. Al planificar

debieron recurrir a otros especialistas como médicos, técnicos radiólogos, etc. Fue común en estos futuros formadores el entusiasmo por el tratamiento coordinado de estos temas. Consideramos que esto constituye de por sí un buen resultado. Por otra parte, nuestro juicio acerca de las Planificaciones presentadas fue muy positivo. Conforme avance el desarrollo del Proyecto, obtendremos datos que nos permitirán evaluar otros aspectos.

Cierre: Se cerraron las actividades del año académico con una mesa redonda entre los organizadores de la propuesta y los alumnos del último año del Profesorado de Física, en la cual se discutieron fundamentalmente los aspectos conceptuales. En esta discusión los alumnos analizaron sus razones para escoger determinadas opciones en el Diagnóstico, y en general coincidieron en señalar sus grandes dificultades para aplicar a las situaciones propuestas leyes que conocían, pero que habían aprendido y aplicado siempre en un contexto diferente.

CONCLUSIONES

No estamos en condiciones de ofrecer aquí resultados ilustrativos del grado en que mejoró el aprendizaje de los conceptos tratados según estas ideas. Pero también son muchos otros los aspectos importantes de una propuesta de coordinación, y estamos en condiciones de enunciar las siguientes conclusiones acerca de ellos.

Los docentes de nivel terciario no universitario pueden tener, a través de las pasantías, una interesante oportunidad de perfeccionarse participando activamente en programas de investigación y desarrollo. Al realizar un balance final de todo lo actuado hubo acuerdo general en que es importante cuidar especialmente dos detalles o condiciones:

* La propuesta elegida debe ofrecer genuinas posibilidades de participación.

* Los docentes deben asumir un rol activo en el diseño y desarrollo de las tareas.

En este caso la modalidad de pasantía trajo aparejada una estrategia de formación docente que incluyó principalmente aspectos conceptuales de Física y Biología y de sus Didácticas, aspectos procedimentales relacionados con la investigación sobre el currículum, y aspectos actitudinales relacionados con la posibilidad de realizar una propuesta de coordinación.

El proceso didáctico sobre la base del cual se intercambiaron argumentaciones entre los miembros del equipo tuvo como producto no sólo la elaboración del diagnóstico, sino el crecimiento en la formación de sus miembros. Esto supone una visión poco normativa de lo que didácticamente se debe hacer para coordinar Física y Biología, y lo remite a una reflexión crítica que incluye estudio, discusión, y toma de decisiones.

A través del desempeño de los alumnos de 4to Año de profesorado que participaron en este proyecto creemos que podemos enunciar que los profesores en general tienen una formación amplia y flexible en los aspectos didácticos, que los hace sensibles y capaces de aplicar innovaciones interesantes. Y tropiezan con obstáculos conceptuales serios que les dificultan inventar, crear, o desenvolverse con solvencia frente a nuevas exigencias. Creemos haber aportado elementos que apoyan la idea de que estos obstáculos conceptuales son en parte originados a su vez porque los conceptos han sido aprendidos fuera del contexto de la invención, la creación, y sin el compromiso de la exposición a nuevas exigencias.

La discusión del diagnóstico que aquí se presenta puede ser tomada como estrategia de enseñanza para cuestionar las concepciones de los alumnos y orientar el aprendizaje a partir de allí, y también para iniciar una revisión conceptual por parte de los profesores.

Podemos terminar diciendo que elaborar un diseño de currículum coordinado sobre la base de la consideración de situaciones problemáticas integradoras es una idea factible, que ofrece a los docentes oportunidad para perfeccionar su práctica específica a través de la interacción con especialistas de otras disciplinas para elaborar distintos aspectos de un mismo problema. Y tenemos además la firme convicción de esta idea contiene elementos importantes para contribuir a que los aprendizajes sean significativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aranega C.P. de, De Longhi, A.L. y Randazo, M.C. (1984). Coordinación, combinación e integración de disciplinas en el Nivel Medio. Trabajos de Educación en Ciencias. (FaMAF. UNC. Cba.).

Arsac, G., Develay M. y Tiberghien A. (1989). La transposición Didáctica en Mathematiques en Physique, en Biologie. IREM et LIRDIS. (Lyon).

Carrascosa Alis, J. y Gil Pérez, D. (1985). La «Metodología de la Superficialitat» i l'aprenentatge de les ciències. Enseñanza de las Ciencias. Vol. 3. No 2. págs. 113-120.

De Longhi A.L. (1996). Aportes para el Diseño Curricular de Biología. Conferencia V Encuentro de Formadores de Docentes. Córdoba.

Driver R., Guesne E. y Tiberghien A. (1985). Ideas científicas en la infancia y la adolescencia. Ed. Morata S.A. Madrid.

Gil Pérez y otros (1993). Propuesta de Secuenciación en Ciencias de la Naturaleza. (Ed. Escuela Española. Madrid).

Gil Pérez, D., Carrascosa J., Furió C., Mnez.Torregrosa J. (1991). La enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria. (ICE HORSORI)

Ministerio de Cultura y Educación de la Nación (Noviembre 1996). Contenidos Básicos para la Educación Polimodal. Versión 2.0. (Bs. As.).

Sáez Beames, M.J. y Carretero, A.J. (1996). El razonamiento científico en un currículum de ciencia Integrada. Revista de Educación. No 310, pág. 43 - 62. .

Wolpert L. (1994). La naturaleza no natural de la Ciencia. Acento Editorial. Madrid.

OTRA BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

Grünfeld, V. (1991). El caballo esférico. (Lugar Científico. Bariloche. Arg.).

Mc Donald y Burns (1978). Física para las Ciencias de la Vida y de la Salud. (Fondo Educativo Interamericano. E.E.U.U.)

Resnick y Halliday. Física. Parte 1. (CECSA).

Villee, C.A. (1980). Biología. (EUDEBA. Bs. As.).

ANEXO

EVALUACIÓN DE DIAGNÓSTICO

El objetivo del siguiente diagnóstico es el de identificar si usted establece o ha establecido relaciones entre temas de las disciplinas Física y Biología, y en algunos casos determinar el grado de corrección o adecuación de esas relaciones.

Introducción

La naturaleza se presenta ante nuestros ojos como una totalidad, a la cual dividimos en disciplinas para su mejor estudio. Así, nuestra visión integrada y fenomenológica de la infancia fue completada a lo largo de nuestro paso por el sistema educativo formal. Pero al mismo tiempo que este sistema ha completado nuestra visión, creemos que también la ha fragmentado, y eso tratamos de poner en evidencia ahora, como paso previo al diseño de mejoras en el proceso.

Primera Parte

En esta Primera parte le solicitamos que recuerde su experiencia a nivel medio (y/o terciario), y responda:

- a) cuando cursó Física, ¿estableció relaciones con temas de Biología? Sí . . . No . . .
- b) Si su respuesta anterior fue afirmativa, señale la causa eligiendo entre las siguientes opciones:
- el docente dio algunos temas en forma integrada.
 - se generó alguna actividad que obligó a recurrir a temas de Biología.
 - un interés personal lo movió a buscar información
 - otra. Explique brevemente.....
- c) Indique los temas de Física que comprendió o estudió en relación con temas de Biología (indique también los correspondientes temas de biología)

Segunda Parte

Le presentamos a continuación una lista de situaciones más o menos cotidianas, y a la derecha de la misma, una lista de posibles "elementos explicativos".

Elija, de la lista del lado derecho, el mejor elemento que utilizaría para explicar cada una de las situaciones listadas en el lado izquierdo (debe seleccionar un elemento, o no seleccionar ninguno, si considera que ninguno es adecuado); y escriba al lado de cada situación el número correspondiente al concepto o elemento elegido.

SITUACIONES	ELEMENTO EXPLICATIVO
A) El organismo humano puede disminuir temporalmente el caudal sanguíneo a través de algunos órganos para aumentarlo en otros que en determinados momentos requieran más irrigación.	1) Congelación del agua.
B) En climas fríos el hombre se abriga con pieles de espeso pelaje, o con ropas gruesas de trama esponjosa.	2) Transferencia de calor por circulación de fluidos.
C) En un ambiente frío es habitual tener los dedos helados, así como también es posible tenerlos agradablemente calientes, aún con las manos descubiertas.	3) Sensación térmica.
D) En un día de intenso calor, 43°C de temperatura ambiente, Daniel obtiene alivio colocándose frente al ventilador.	4) Enfriamiento por circulación de aire.
	5) Aislación térmica.
	6) Densidad.
	7) Generación de calor por las ropas de abrigo.
	8) Adaptación.
	9) Deshidratación.
	10) Conexión en serie.
	11) Conexión en paralelo.
	12) Evaporación del agua.

Tercera Parte

Le presentamos a continuación una lista de temas o conceptos de física, y a la derecha de la misma una lista de fenómenos, procesos, aparatos o sistemas, elegidos más o menos al azar.

Para cada uno de los temas de Física elija el mejor elemento que utilizaría como ejemplo ilustrativo del tema (debe seleccionar uno, o no seleccionar ninguno si considera que ninguno es adecuado), y escriba a continuación de cada tema el número correspondiente.

TEMAS DE FÍSICA	FENOMENOS, APARATOS, ETC.
A) Aislación térmica. B) Calor de vaporización del agua. C) Producción de calor a partir de energía química. D) Conexión en serie. E) Presión hidrostática. F) Bomba aspirante-impelente. G) Conexión en paralelo. H) Bomba impelente.	1) metabolismo. 2) circuito eléctrico. 3) presión arterial. 4) bombeador de gasolina de las estaciones expendedoras de combustible. 5) calentador a gas. 6) luces, heladera, televisor y licuadora encendidas al mismo tiempo. 7) corazón. 8) aurícula derecha, ventrículo derecho, pulmones, aurícula izquierda, ventrículo izquierdo. 9) diferencia de presión entre las arterias de los pies y las de la cabeza. 10) regulación de la temperatura del cuerpo en los días muy cálidos. 11) aire contenido entre los poros de la ropa de lana. 12) hinchazón de los pies después de estar muchas horas sentado. 13) irrigación sanguínea de tronco, cabeza, y extremidades. 14) utilización de un chorro de vapor para calentar agua, café, leche, etc. en las cafeterías. 15) doble pared de vidrio en los exhibidores de carne de los supermercados. 16) boca, esófago, estómago, intestino.

Cuarta Parte

Si Ud. tuviera que hacer comprender a sus alumnos las diversas formas de transferencia del calor, qué decisiones tomaría:

¿Buscaría relaciones con temas de Biología? Sí . . . No . . .

Si su respuesta es afirmativa, cómo y por qué lo haría? Seleccione entre las siguientes respuestas posibles las que correspondan a su caso:

- Lo relacionaría con los organismos vivos y luego explicaría la física del proceso.
- Desarrollaría los temas de Física primero, y luego buscaría relaciones con otras disciplinas.
- Plantearía situaciones problemáticas integradoras.
- Otra. Explique brevemente

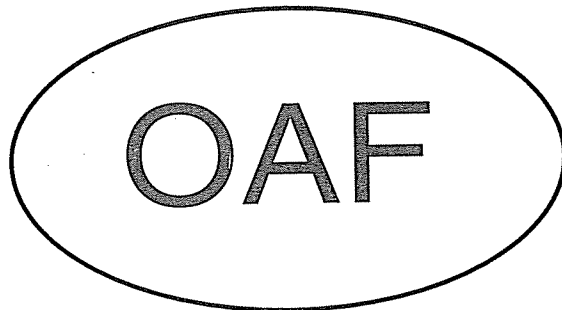
La razón para establecer relaciones con Biología radicaría en que:

- Motivaría más a los alumnos.
- Sería necesaria para la comprensión del tema.
- Facilitaría su enseñanza y/o su aprendizaje.
- Otra. Explique brevemente

Describa esquemáticamente un diseño de clase para un tema de Física que tenga relación con Biología.



Ministerio de Cultura y Educación
Secretaría de Programación y Evaluación Educativa



OLIMPIADA ARGENTINA DE FÍSICA

Facultad de Matemática, Astronomía y Física
Universidad Nacional de Córdoba

Colaboran:

Asociación Física Argentina
Asociación de Profesores de Física de la Argentina

Secretaría OAF:

Telefax: (051) 69-9342
Facultad de Matemática, Astronomía y Física
Ciudad Universitaria
5000 - Córdoba
Fax: (051) 33-4054
