

**EL PAPEL DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO EN LA ARTICULACIÓN ENTRE  
CIENCIAS BÁSICAS Y TECNOLOGÍAS APLICADAS**

(The Role of Meaningful Learning in the Articulation Between Basic Sciences and Applied Technologies)

**Consuelo Escudero** [cescudero@unsj-cuim.edu.ar]

Depto de Física FI (UNSJ)

**Sonia B. González**

Depto de Biología FCFN (UNSJ)

**Jaime, Eduardo A. Jaime**

Depto de Física y Química FFHA (UNSJ)

**Resumen:** En este trabajo se aborda un aspecto poco discutido en la perspectiva de la Teoría del Aprendizaje Significativo de David Ausubel ya que establece un diálogo con un enfoque que va ganando adeptos no sólo en educación en ingeniería. El interés central ha estado en el desarrollo de vínculos entre funcionalidad, eficacia, autonomía, competencias específicas y el proceso mismo de aprendizaje significativo con vistas a mejorar la práctica educativa. Se avanza sobre el diseño e implementación de una intervención formativa en la asignatura Física III de la carrera de Bioingeniería, consistente en una secuencia de actividades basada en competencias elaboradas teniendo en cuenta tanto el perfil de base como el proyectado para el futuro profesional. Se pone en evidencia que para llevarla a cabo de forma comprensiva e intentando captar la significatividad de los conceptos, se hace necesario poner en juego diversas capacidades que, interrelacionadas, contribuyen con los fundamentos de competencias que atañen tanto a la formación general como específica del estudiante. Se da como ejemplo una actividad experimental trabajada en Física Moderna sobre cómo ocurre la *Interacción de la radiación con la materia* en la que los estudiantes deben medir diferentes espectros energéticos en contexto biomédico. Sus testimonios son el reflejo del impacto favorable de estas actividades.

**Palabras claves:** Competencias – Aprendizaje en contexto – Esquemas – Análisis – Situación compleja

**Abstract:** This paper deals with a little discussed aspect in the perspective of the Meaningful Learning Theory of David Ausubel since it establishes a dialogue with an approach that is gaining followers not only in education in engineering. The central interest has been in the development of links between functionality, effectiveness, autonomy, specific skills and the very process of meaningful learning with a view to improving educational practice. The design and implementation of a training intervention in the subject Physics III of the Bioengineering career is advanced, consisting of a sequence of activities based on competencies developed taking into account both the basic profile and the projected for the professional future. It is evident that in order to carry it out comprehensively and trying to grasp the significance of the concepts, it is necessary to put into play various capacities that, interrelated, contribute to the fundamentals of competences that concern both the general and specific formation of the student. An experimental activity worked in Modern Physics is given as an example of how *The interaction of radiation with matter* occurs in which students must measure different energetic spectra in a biomedical context. Their testimonies are a reflection of the favourable impact of these activities.

**Keywords:** Competencies– In context learning – Outlines – Analysis – Complex situation

## **Introducción**

Se aborda en esta comunicación un aspecto poco discutido en la perspectiva de la Teoría del Aprendizaje Significativo (TAS) de David Ausubel, en el que se establece un diálogo con el enfoque por competencias, que va ganando adeptos en los distintos campos de la educación, incluyendo la educación en ingeniería.

Si bien, la literatura ha abordado el aprendizaje no formal como susceptible de aprendizaje significativo aquí se reclama el tratamiento de los aspectos contextuales en un modo significativo. Los subsumos, si bien emergen más naturalmente en este contexto, la educación formal -en general- es más consciente de cuáles son esos subsumos. Además, parece ser que el referencial confía en la capacidad del individuo en reproducir una variedad de contextos.

Acordamos con Lemos (2011) en que:

“La potencial contribución de la TAS a la organización de la enseñanza y su subutilización (o inadecuada apropiación) en el contexto educativo viene siendo una preocupación recurrente. Se perciben incoherencias tanto en el discurso como en el diseño metodológico. (...) La adopción de la TAS como referente teórico para subsidiar el desarrollo, el planeamiento y la evaluación de la enseñanza determina una acción docente más atenta hacia la naturaleza del conocimiento del alumno y, por tanto, con más chances de favorecer la ocurrencia del aprendizaje significativo por su parte.” (p. 2-3)

La necesidad de trabajar distintos tipos de contenidos, así como su función, la forma cómo se aprende lo general y lo particular, son determinantes a la hora de establecer criterios que guíen la concreción de las nuevas variables presentes en la articulación de la enseñanza.

Necesitamos crear otras perspectivas que nos permitan abordar estas cuestiones claves de la contemporaneidad. La Biología tiene la particularidad de vincularse fuertemente con las subjetividades, dado que muchos de sus contenidos nos afectan desde temas sensibles como son la salud, la alimentación, el cuidado del ambiente, etc. Por su parte, la Medicina también posee esa peculiaridad. Ambas nos brindan la posibilidad de mirar la mecánica, la electricidad, la física moderna y otros tópicos típicamente físicos, desde otro lugar.

La interdisciplina nace, para ser exactos, de la incontrolable indisciplina de los problemas que se nos presentan actualmente, de la dificultad de encasillarlos. Los problemas no se presentan como objetos, sino como demandas complejas y difusas que dan lugar a prácticas que tienen aciertos y también contradicciones, imbricadas con cuerpos conceptuales diversos. (Zabala, 1997, p.152)

Los ambientes extra-áulicos también son propicios para el desarrollo de competencias genéricas y específicas, dado su carácter procesual. El estudiante, en general, no logra relacionar en solitario el cuerpo teórico, los experimentos y el contexto. La realización de actividades experimentales se constituye en tareas de observación y colecta de datos, con la aspiración de contribuir con una formación más integral. Relatando la realidad vista en el trabajo de campo y cobrando otra dimensión las “condiciones de contorno” – tan inasibles para el joven que busca consolidar rasgos de modelos físicos y matemáticos – como también las variables reales y su incidencia en los esquemas aprendidos para su utilización adecuándose a la situación real, trascendiendo el clásico aplicacionismo.

El punto de partida es la necesidad de intervenir ante una situación única y compleja en un contexto determinado. Para que sea eficaz será necesario realizar una serie de pasos de relativa

complejidad y en un tiempo acotado mediante acciones en las que se movilizan al mismo tiempo y de manera interrelacionada distintas componentes.

Acordamos con Zabala y Arnau (2017, p. 105) en que el aprendizaje de las competencias es siempre funcional. El proceso de aprendizaje se llevará a cabo dado que siempre será posible avanzar en el continuo entre aprendizaje memorístico y aprendizaje significativo en forma práctica y utilitaria.

A continuación, se revisan inacabadamente elementos provistos por las contribuciones de la TAS y el enfoque por competencias en relación con la Educación en Ciencias y Tecnologías y la investigación en particular. A título ilustrativo -a posteriori- se discuten y resaltan los aspectos metodológicos de la Física y de las ciencias en general que permiten comprender la naturaleza de algunos fenómenos tecnológicos que están detrás de estudios protocolares en pacientes; como por ejemplo, en la cámara gamma.

### **Aprendizaje significativo: un concepto subyacente**

La teoría cognitiva del aprendizaje verbal significativo se basa en la proposición de que la adquisición y la retención de conocimientos son el producto de un proceso activo integrador e interactivo entre el material de instrucción y las nociones pertinentes en la estructura cognitiva con la que las nuevas ideas se pueden enlazar de manera particular.

Este ensayo surge con la intención de ilustrar que es plausible cambiar las instituciones educativas. Moreira (2005, p. 5) rescata el significado del aprendizaje significativo, pero también argumenta que no es suficiente. Es necesario que sea además de significativo, crítico. Su planteamiento es que el aprendizaje significativo crítico (o subversivo como fue denominado originalmente) es una estrategia necesaria para sobrevivir en la sociedad contemporánea.

En este marco, el estudiante no es un receptor pasivo, todo lo contrario. Debe hacer uso de los significados de los que se apropió para poder captar los significados de los materiales “educativos”. En ese proceso, al mismo tiempo que está progresivamente diferenciada su estructura cognitiva, está también haciendo reconciliación integradora para poder identificar semejanzas y diferencias y reorganizar su conocimiento. Es decir, el estudiante construye su conocimiento, produce su conocimiento.

Aprender significativamente permitiría resolver nuevas situaciones problemáticas a partir del enriquecimiento alcanzado en la estructura cognitiva del resolutor dando significado al sistema modelado; mientras enseñar significativamente posibilitaría el establecimiento de relaciones entre elementos del mundo representado y del mundo representante facilitando el anclaje de nuevas informaciones a la estructura cognitiva a través del discurso oral y escrito.

Se puede hablar de aprendizaje significativo en distintos referentes teóricos constructivistas. Podemos imaginar la construcción cognitiva en términos de los subsumidores de Ausubel, de los esquemas de asimilación (acción) de Piaget, de la “internalización” de instrumentos y signos de Vygotsky, de los constructos personales de Kelly o de los modelos mentales de Johnson-Laird declaraban Moreira, Caballero y Rodriguez (1997). En pocas palabras, el aprendizaje significativo subyace a la construcción humana. Por su parte, Josep Novak va más allá y expresa que el aprendizaje significativo subyace también a la integración constructiva de pensamiento, sentimiento y acción, construyendo la persona desde esa totalidad los significados.

Habiendo revisado brevemente, lo que es el aprendizaje significativo, las condiciones para que ocurra y cómo facilitararlo en el aula, ¿qué nos está faltando como profesores para que podamos estimularlo como una actividad crítica? Precisamente, nos falta favorecer la predisposición por aprender. Más que una cuestión de motivación, lo que está en juego es la relevancia del nuevo

conocimiento. ¿Cómo hacer que se perciba como relevante el conocimiento que queremos que se construya? Un camino podrían ser las situaciones-problema propuestas como aulas de campo.

Es posible situar el AS como base psicopedagógica del enfoque por competencias. ¿Qué aportaría a la TAS? Una nueva oportunidad para visibilizar este potente constructo. No sólo trascendiendo las actuales minorías que lo utilizan sino conteniendo de manera rigurosa una enseñanza más acorde con una perspectiva de formación integral.

### **Complejidad del conocimiento sobre el aprendizaje de las competencias**

El desarrollo de competencias comprende una amplia variedad de aspectos no solo por las funciones que potencialmente podría desempeñar, sino también por los cambios socio-culturales que se prevén a corto y mediano plazo y que modifican de manera cada vez más frecuente el perfil de los futuros profesionales. En ese marco se hace necesario pensar en la construcción de escenarios formativos de trabajo muy próximos a aquellos en los que deberá insertarse al completar sus estudios. Además, la diversidad de situaciones (Vergnaud, 1990, p. 155) que se abordan durante los procesos de enseñanza es requisito fundamental para generar condiciones apropiadas de aprendizaje significativo.

Las competencias tienden a ser usadas como un saber hacer eficaz (Speltini et al., 2009, p. 8). Una formación con esta característica requiere de una nueva racionalidad docente, y una reestructuración del acto educativo que permita superar la parcialización y fragmentación de saberes.

¿Cómo seguir contribuyendo al aprendizaje de contenidos de mayor especificidad? Son de particular interés y tratamiento las competencias que tienen como propósito consolidar, articular e integrar las ciencias básicas con las tecnologías. La multiplicidad de temáticas planteadas y expuestas en Física III merece un tratamiento desde esta perspectiva.

### **Significatividad y competencias en el aprendizaje**

Una de las características más importantes del pensamiento de Ausubel es la de recalcar la necesidad de investigar en una amplia diversidad de aulas para poder decir algo importante en relación a la enseñanza. Y evitar la extensión directa de resultados de laboratorio al aula, dado que no se estaría teniendo en cuenta la complejidad de esta última.

En esta teoría se puede apreciar esa idea tan específica de Ausubel en cuanto a la continuidad que existiría entre el aprendizaje por repetición y el aprendizaje significativo, por un lado y el aprendizaje por recepción y por descubrimiento autónomo por otro. No hay una contradicción entre un aprendizaje u otro, todo depende de las condiciones en que ocurra para que sea significativo o no.

Sí es cierto que en esta teoría se hace hincapié en un tipo de aprendizaje muy frecuente en las instituciones, que es el “aprendizaje verbal significativo”. Donde tiene un papel fundamental la ‘significatividad lógica’ del material y la disponibilidad de conocimientos previos por parte de quien aprende, que permita que se desarrolle el proceso de “asimilación”, concepto esencial de esta teoría y que puede presentarse en diferentes formatos: Aprendizaje superordenado, subordinado y combinatorio.

En tanto el uso del término competencia es una consecuencia generalizada de la necesidad de superar una enseñanza que con frecuencia se ha reducido al aprendizaje memorístico de conocimientos, hecho que conlleva la dificultad para que estos puedan aplicarse en la vida real. Su aprendizaje implica el mayor grado de significatividad y funcionalidad posible, ya que para poder ser

utilizada deben tener sentido tanto la propia competencia como sus componentes procedimentales, actitudinales y conceptuales. (...) Las competencias son constructos complejos, eminentemente de carácter procesal, con aplicaciones infinitas en función de los múltiples contextos y distintas realidades, y consecuentemente de difícil análisis desde su globalidad (Zabala y Arnau, 2017, p. 105).

El aula de campo bajo estudio ocurre en un ámbito ciudadano como la Escuela de Medicina Nuclear de la ciudad de Mendoza en noviembre de 2018 tras 15 semanas de haberse iniciado la intervención. La articulación propuesta fue realizada por primera vez y es propia de una asignatura de aproximadamente mitad de carrera que necesita tomar los avances logrados en los primeros años y proyectarse hacia los últimos.

La idea eje la constituye la resolución de situaciones-problema. A través de ella durante el cuatrimestre se han trabajado los principios directores de la TAS.

El rol de una resolución a conciencia es trascendental sobre todo “por el impacto que provoca en las personas cuando perciben que son capaces de combinar una diversidad de datos en diferentes formatos para trazar un camino (o varios) para dar respuesta a un desafío. Es por esta razón, fuere cual fuere el área de desempeño de la persona, que la resolución de problemas se constituye en franca manifestación de aprendizaje significativo.” (Escudero y González, 2017).

El aprendizaje de procedimientos no es un proceso lineal, sino que conlleva aportes provenientes desde las diferentes capacidades desarrolladas a lo largo del crecimiento y en el que tanto los avances como los retrocesos constituyen piezas fundamentales en la construcción del mismo. (González y Olguín, 2016, p.313) A su vez, la funcionalidad de las competencias va de la mano del aprendizaje significativo.

Por otro lado, es importante tener en cuenta que los diversos tipos de aprendizaje se apoyan mutuamente, sobre todo los esquemas de tipo teórico vinculados deliberadamente con procedimientos de carácter marcadamente práctico. La participación de los estudiantes en los procesos llevados a cabo en actividades experimentales es una de las alternativas de aprendizaje más completas e integradoras.

Y a su vez el aula de campo trae aires renovados al diseño y planteo de situaciones incluyendo las interdisciplinarias que se caracterizan por ampliar el umbral de ingreso a cuestiones complejas (precisamente uno de los paradigmas de la postmodernidad). ¿Es posible enseñar las disciplinas desde la interdisciplinaridad? ¿Cómo construir una conversación entre distintos modos del conocimiento? Esto hoy es clave, las aulas de campo se constituyen en una respuesta plausible. Además, invitan a incorporar explícitamente aspectos de la subjetividad.

## **Metodología**

A continuación, incluimos un ejemplo de situación-problema planteada en 2° año de universidad y en la que podemos apreciar cómo su resolución implica haber aprendido un conjunto de competencias en las que la capacidad de comprensión de los problemas que plantea la situación y los distintos pasos que hay que realizar para poder dar respuesta, implican el dominio de procedimientos que son recurrentes en toda actuación competente. Al mismo tiempo podemos apreciar que los contenidos, ya sean conceptuales, actitudinales o procedimentales, no podrán ser aplicados si no han sido aprendidos de forma funcional.

Las cátedras Física III (4° semestre) y Medicina nuclear (9° semestre) han convenido un compromiso que consiste en integrar y articular contenidos mediante actividades experimentales a desarrollar en Fundación Escuela de Medicina Nuclear (FUESMEN). Se busca poder afianzar los conocimientos teórico-prácticos de Física moderna trabajados durante el cursado en vistas a su uso

en el ciclo superior de la carrera de Bioingeniería; como así también, contribuir con la formación de esquemas de pensamiento y de actuación.

En el centro de salud se lleva a cabo un estudio experimental de los modelos clásicos y relativistas para describir la cinemática de la interacción de rayos gamma con electrones libres donde el análisis central recae en los efectos Compton y los espectros de radiación gamma obtenidos con analizadores multicanales.

Se sugiere consultar la siguiente bibliografía:

- P.P. Feynman, R.B. Leighton & M. Sands, (1970) *The Feynman Lectures, Quantum Mechanics*, Vol. 1, Caps. 15-16. Addison Wesley, Reading, Ma.
- E. Hecht (2009) "Einstein on mass and energy" . *Am. J. Phys.* **77**, 799.
- L. Jolivet & N. Rouze (1994) "Compton Scattering, the electron mass, and relativity: A laboratory experiment" . *Am. J. Phys.* **62**, 266.
- S. Gil (2014) Experimentos de Física usando las TIC y elementos de bajo costo. Bs. As.: Alfaomega.

**Capacidades:**

. Interpretación y análisis ante la variación de condiciones, tales como: (1) Interposición de fantasmas con distintos rellenos, (2) utilización de blindaje de plomo con abertura, (3) uso de fuentes de distintas actividades y empleo de diferentes radiaciones ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , etc. así como combinaciones)

**Equipamiento recomendado:**

Un detector de radiación gamma asociado a un sistema de adquisición de datos. Fuentes radioactivas de pocas líneas que cubran un amplio espectro de energía. Fantoma plano relleno. Blindaje de plomo.

**Procedimiento:**

1. Eluir generador de Molibdeno-99/Tecnecio-99m.
2. Medir actividad eluida de Tc-99m.
3. Preparar fuente puntual de Tc99m con distintas actividades.
4. Posicionar una fuente puntual a 0,3 m del detector de la cámara gamma.
5. Medir espectro energético (comando PHA).
6. Medir otros espectros energéticos variando condiciones como interposición de fantoma plano relleno, utilización de blindaje con abertura.
7. Analizar variables y situaciones-límite.
8. Examinar comparativamente los diferentes resultados.

**Discusión y análisis de resultados**

Presentación de informe que incluya transformaciones, cálculos, análisis de casos límite, comentarios, conclusiones.

Valoración y validación del conocimiento científico a través del uso de tecnología biomédica.

**Competencias**

·Confrontación genuina de situaciones nuevas y parcialmente nuevas que permitan interpelar oportunamente la naturaleza, la tecnología y/o a ambas. (No hacerlo impediría fortalecer los esquemas más débiles poseídos.)

·Valoración y validación del conocimiento científico, de resultados de medición a través del uso de tecnología (biomédica, etc.).

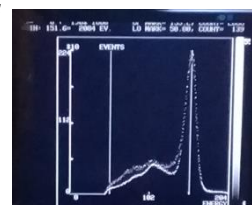
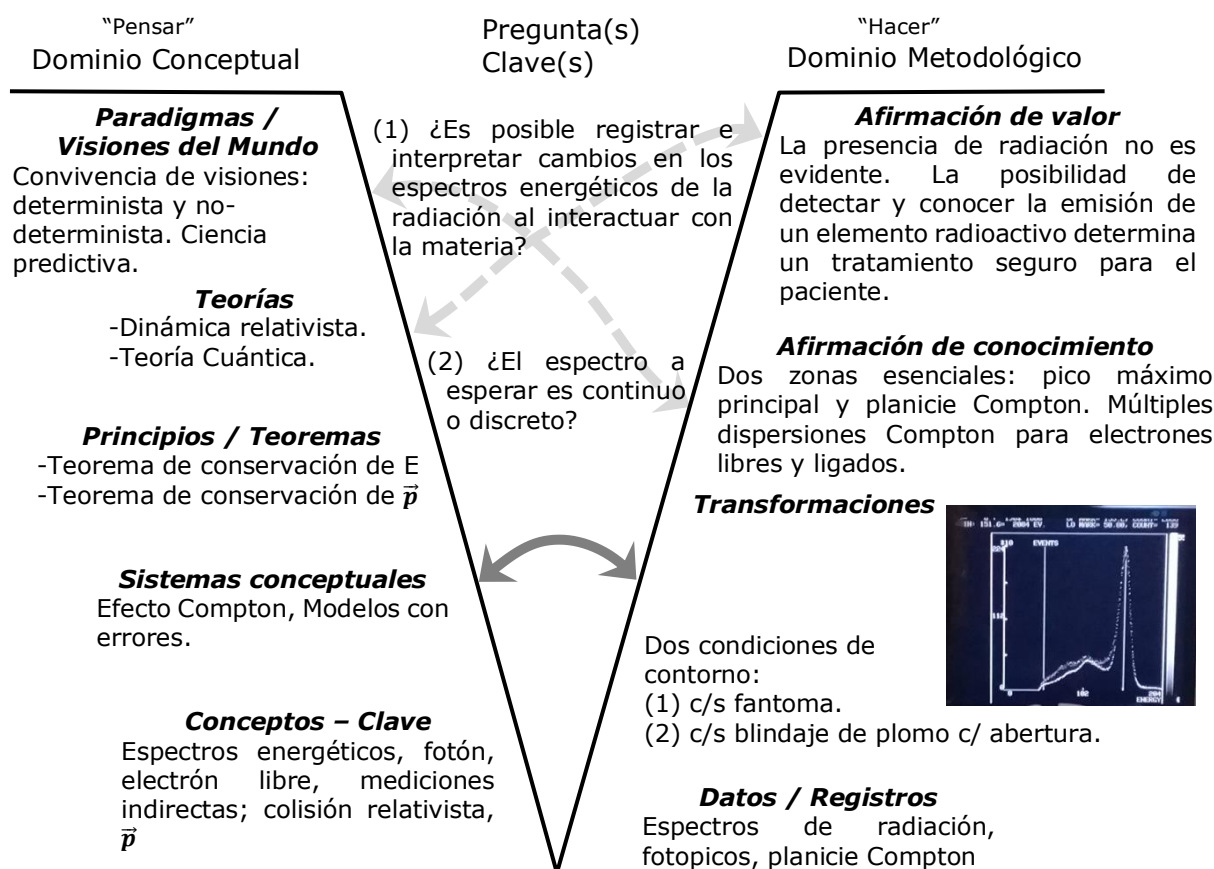
## **Resultados y discusión**

El análisis de las actuaciones de los estudiantes se aborda desde dos perspectivas, utilizando (I) la Ve de Gowin y (II) las fases de una acción competente.

(I) Para visualizar las distintas transformaciones que precisa el conocimiento ayudaría de muy buen modo la Ve epistemológica de Gowin (1981) mostrando cómo se relacionan los elementos conceptuales y metodológicos involucrados en el proceso de producción de conocimientos, por ejemplo, de la investigación, del trabajo experimental. En él encontramos los conceptos-clave y los sistemas conceptuales utilizados en el aula de campo ilustrada (Figura N°1), éstos generan principios, que a su vez dan origen a las teorías que tienen paradigmas, visiones del mundo subyacentes. En el

vértice de la Ve se encuentran los eventos -que ocurren naturalmente o que el experimentador hace suceder- y/o los objetos relacionados con los fenómenos de interés de la experimentación o de investigación.

Con el fin de estudiar un fenómeno de interés, se hacen registros de eventos u objetos; esos registros se transforman en datos, los cuales pueden sufrir transformaciones metodológicas adicionales objetivando al conducir a afirmaciones de conocimiento; es decir, interpretaciones, explicaciones, generalizaciones, conclusiones que ofrecen respuesta a las preguntas-clave. Las afirmaciones de valor son afirmaciones sobre el valor (social, instrumental, estético) de esas respuestas. Las preguntas-clave están en el centro de la Ve porque, en el fondo, pertenecen a ambos dominios. La pregunta-clave no es sólo aquella que pregunta alguna cosa, sino que expresa algo. Es la pregunta la que identifica el fenómeno de interés de tal manera que es probable que algo sea interpretado, explicado, descrito, medido o descubierto (relativamente hablando) al ser respondida. Es la cuestión la que identifica el punto central de la actividad experimental, diciendo lo que fue -en última instancia- experimentado.



**Evento educativo / Objeto**

Desarrollo de experimento instructivo sobre la colisión fotón-electrón – Efecto Compton obtenida con analizadores multicanales (detectores de radiación asociados a un sistema de adquisición de datos) con una cámara gamma en un centro de salud utilizando fuente de Tc99m (monoenergética).

**Figura N°1:** Una Ve de Gowin sobre capacidades necesarias en un aula de campo centrada en colisiones fotón-electrón – Efecto Compton con cámara gamma como espectroscopio.

(II) Para complementar lo expresado e intervenir en esta situación de manera eficaz será necesario realizar una serie de pasos complejos, tal como se muestra en el cuadro N° 1 donde se

delimitan cuatro fases de una acción competente. Podemos apreciar cómo el conocimiento procedimental es clave.

**Cuadro N° 1:** Cuatro fases de una acción competente.

<b>Análisis de una situación que es compleja</b>	
Interpretación/Comprensión de la situación en toda su complejidad.	La medición de espectros energéticos con fines educativos en sala de cámara gamma obliga a profesores y estudiantes a realizar un análisis en el que participan muchas variables. Para dar una solución adecuada, será imprescindible mezclar de forma combinada todos los factores y condicionantes que deben intervenir en la decisión.
Caracterización de los problemas o cuestiones que han de permitir enfrentarse o actuar eficazmente.	Será necesario identificar una a una todas las cuestiones que deberán ser consideradas una vez realizado el análisis integral: detectores de radiación gamma, fuentes radiactivas, actividad, espectros energéticos, interposición de diferentes fantomas, utilización de blindajes, etc.
Identificación de la información relevante para la resolución de las cuestiones planteadas.	Para la toma de decisiones será necesario recabar los datos y las condiciones suficientes e imprescindibles para cada uno de los problemas que se han identificado: disponibilidad y características de las fuentes radioactivas, variabilidad de la energía y conteo de fotones, condiciones y propiedades de la cámara gamma asociada a un sistema de adquisición de datos, trabajo que hay que realizar y su duración, etc.
<b>Caracterización de los posibles esquemas que pueden dar respuesta a los problemas que la situación plantea</b>	
Consideración de los distintos esquemas de actuación aprendidos que pueden dar respuesta a cada una de las cuestiones o problemas planteados.	Para cada uno de los problemas será necesario recurrir al conocimiento disponible sobre las distintas soluciones utilizables y/o a la combinación de ellas y/o a la incorporación de la novedad. En el caso de las fuentes radioactivas será necesario que sean de pocas líneas para ayudar a la interpretación de los espectros energéticos (fotopico máximo, planicie Compton, etc.) con el menor ruido de fondo posible; contribuyendo con el reconocimiento de variables y su control, análisis de casos límite, entre otros.
Análisis de la información disponible en función de cada uno de los esquemas.	Para cada uno de los esquemas de actuación revisados, será necesario comprobar su idoneidad en función de los datos de que se dispone: fotopicos de fuentes radioactivas distintas (en concreto de Tecnecio99m); modelos matemáticos cuya comprensión del contenido físico precisa estrategias que contemplen la construcción de una diversidad de esquemas y conceptos, validación de resultados, de modelos físico-matemáticos, etc.
<b>Selección y disposición de los esquemas para aplicarlos en forma estratégica</b>	
Valoración de las variables reales y su incidencia en los esquemas aprendidos.	De la confrontación entre los esquemas de actuación conocidos y los datos de los que se dispone se seleccionarán aquellos que se consideren adecuados analizar, medir; explorar, modelar, argumentar, calcular, etc.
Utilización del esquema seleccionado con los cambios necesarios para adecuarse a la situación real.	La aplicación de los esquemas de actuación seleccionados se llevará a cabo de forma suficientemente flexible para que permita la adaptación a las posibles variaciones del contexto (radiaciones $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ , etc. y combinaciones provenientes de diferentes fuentes radioactivas)
<b>Conocimiento, dominio y transferencia de cada uno de los componentes</b>	
Aplicación de la competencia en forma integrada y adecuada a los hechos, conceptos, procedimientos y	Las soluciones adoptadas para cada uno de los problemas serán posibles si se han dominado todos y cada uno de los componentes del esquema de actuación. Es así como en el problema de la interacción radiación-materia (colisión relativista fotón-electrón),



actitudes que conforman la competencia.	cualquier error por desconocimiento o falta de rigor en su aplicación impedirá que el resultado sea pertinente.
---	---

Incorporamos a continuación algunas interpretaciones y reflexiones parciales de distintos grupos conformados por 1, 2, 3 ó 4 estudiantes cada uno acerca de una de las actividades realizada durante el ciclo 2018. Sus testimonios son el reflejo del impacto favorable de las mismas:

*“Aprendimos que la cámara gamma es un detector que capta la energía de los fotones que llegan al cristal y los traduce en señales eléctricas, obteniéndose imágenes de uso frecuente; por ejemplo, en medicina. A través de gráficas como éstas fue posible conocer la cantidad de fotones que llegan al detector y cuántos de ellos llegan con la máxima energía, como así también observar las variaciones que se producen cuando se interponen distintos materiales y/o condiciones de contorno diferenciadas entre la fuente y el detector.”* (Grupo 2)

*“Se puede concluir que el espectro energético que se obtiene de un elemento o isótopo al emitir radiactividad varía de acuerdo con el ambiente que lo rodea. Esto se debe a que el fotón interactúa con la materia (electrones libres) de acuerdo con el conocido efecto Compton. Mientras más aislado esté el elemento, la presencia de un menor “lomo Compton” se debe a la disminución en la interacción; y por lo tanto, menor pérdida de energía. Por cierto, si se cambia el elemento a analizar, cambia el espectro energético. Al trabajar con diferentes elementos se observa la influencia del tipo de radiación que emite cada uno de ellos al desintegrarse. El Radio 223, por ejemplo, emite radiación (núcleos de helio), haciendo que se frenen más fácilmente que cuando la interacción es con fotones gamma como es en este caso.”* (Grupo 3)

*“El detector mostró la presencia tanto de un nucleído emisor de rayos gamma como radioisótopos emisores de partículas  $\alpha$ ,  $\beta^+$ ,  $\beta^-$ . La posibilidad de detectar y conocer la emisión de un elemento radioactivo determina un tratamiento seguro para el paciente, puesto que el personal debe recibir cantidades mínimas de radiación. Por otro lado, el detector debe ser capaz de reconocer un efecto de interacción de la radiación sobre la materia. (...) Otro punto importante fue reconocer que el detector provee su medida con un margen de incerteza en la medición, debido a distintas fuentes de error que deben valorarse. El equipo técnico conoce profundamente el funcionamiento del equipo y su calibración.”* (Grupo 4)

*“La visita fue tan integradora que estoy esperando llegar a quinto año para cursar medicina nuclear”* expresó Juan -alumno de 2do año- cuatro meses después de realizada el aula de campo y habiendo ya rendido y aprobado el examen final.

La actividad experimental en aula de campo ha aportado proporcionando herramientas para el modelado y criterios para buscar las variables significativas.

La realidad es siempre infinitamente compleja, y no se puede pasar directamente desde la percepción común y del comportamiento práctico espontáneo a la descripción científico-tecnológica y a la «visión teórica». Pero el trabajo científico comienza confrontando la experiencia espontánea con ciertas otras realidades, cuya relación de analogía hace posible obtener una primera visualización de la estructura posible, la cual hubiera sido, de no mediar ese *modelo*, invisible. (Samaja, 1999).

## **A modo de reflexión**

La gran participación de los estudiantes a la hora de realizar la experiencia y elaborar sus informes se han constituido en indicador de la utilidad y alta motivación lograda. Las aulas de campo se mostraron como un medio relevante para la enseñanza de la Física al asociarse a problemáticas específicas. El alumno fue desafiado a utilizar sus conocimientos previos y ha respondido. Por otra parte, los profesores y los alumnos verificaron que las aulas de Ciencias (Física) no se restringen sólo al laboratorio didáctico. Presentar situaciones en contexto biomédico próximas a su realidad promovió gran interés.

Recomendamos algunos aspectos a tener en cuenta para desarrollar un aula de campo interdisciplinaria:

- Requiere más tiempo que una propuesta centrada en lo disciplinar.
- Vale la pena animarse, las estructuras conceptuales, actitudinales y metodológicas que se construyen son superadoras.
- Revela la necesidad de dialogar con los pares a fin de someter a consideración las ideas, lo que necesariamente lleva a compartir, intercambiar, a discutir marcos conceptuales, metodológicos y epistémicos.
- Considerar la formación de los docentes interesados en comprometerse con esta postura metodológica.

Si nos centramos en las diferencias puede decirse que con la pedagogía por objetivos se llega a un producto terminado. Sin embargo, con el enfoque por competencias no, están en continua evolución, siendo un producto en construcción. Las competencias no tienen techo. Quizás los objetivos nos hacen creer que sí. Bajo la perspectiva de la TAS -en esencia- los objetivos los proponen los sistemas educativos y los educadores los ejecutan. Es decir, la TAS no los explicita. En cambio, en el enfoque por competencias los objetivos son definidos por las situaciones concretas.

Con las aulas de campo los logros son de tipo aplicado y de alta especificidad, mientras sin ellas son fundamentalmente de tipo académico. Las competencias específicas necesarias hacen emerger diferentes componentes.

A pesar de desconocer los subsumos previos (A), estas aulas contienen un conjunto de actividades que integran naturalmente varios aspectos de las ciencias básicas (biología, química, etc.) y de su práctica profesional futura. Sin embargo, se advierte que se ponen en evidencia subsumos modificados (A').

Es nuestra responsabilidad constituir este tipo de metodologías en oportunidad de superación para estudiantes sumergidos en un mundo ávido de señales de humanidad.

Aprender lo general resulta ser bastante diferente de aprender lo particular. Implica apropiarse de una mirada microscópica, que revele las rugosidades y pliegues de un área de conocimiento sustancial para los desarrollos científicos actuales.

## **Referencias**

- Ausubel, D. P. (1983) *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Ed. Trillas (2º edición).
- Ausubel, D. P. (2002) *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. Barcelona: Ed. Paidós.

- Escudero, C. y González, S. (2017) **Mini-Curso: Aprendizaje significativo y situaciones problemáticas: una alianza fundamental para construir conceptos.** 8° Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo (VIII EIAS), Esquel (Chubut, Argentina). (En prensa)
- Escudero, C.; Jaime, E. y González, S. (2017) **Un estudio sobre situaciones problemáticas como herramientas de aprendizaje significativo en Física.** Revista FCEFYN, UNC (Argentina). 4 (2), 83-94.
- González, S. y Olgúin, M. (2016) **Las unidades de análisis en el aprendizaje de procedimientos: un ejemplo con ondas estacionarias.** Revista de Enseñanza de la Física, Vol. 28, N° Extra, 313-320. <https://revistas.unc.edu.ar>
- Gowin, D.B. (1981) **Educating.** Ithaca, Nueva York: Cornell University Press. Trad. cast., 1985. Hacia una teoría de la educación. Argentina: Ediciones Aragón.
- Moreira, M. A. (1997) “**El aprendizaje significativo: un concepto subyacente**” en Moreira, M. A., Caballero, M.C. y Rodríguez, M.L. (orgs.). *Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo.* Burgos, España. pp. 19-44.
- Moreira, M. A. (2005) **Aprendizaje significativo crítico.** Porto Alegre: Impressos Portão.
- Novak, J. D. (1987) **Teoría y práctica de la educación.** Madrid: Alianza Universidad.
- Samaja, J. (1999). **Epistemología y metodología.** Buenos Aires.: Eudeba.
- Speltini, C.; Wainmaier, C. y Garaventa, L. (2009) “**¿Qué competencias privilegian los docentes de Física al diseñar exámenes de lápiz y papel?**”, *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, Año10 N°18, pp. 7-18.
- Vergnaud, G. (1990) **La théorie des champs conceptuels.** *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10 (23): pp. 133-170.
- Zabala, A. (1997) “**Los enfoques didácticos**”, en: Coll, C.; Martín, E.; Mauri, M.; Miras, M.; Onrubia, J.; Solé, I. y Zabala, A. *El constructivismo en el aula.* Barcelona: Editorial Graó, pp. 125-162.
- Zabala, A. y Arnau, L. (2017) **11 Ideas clave. Cómo aprender y enseñar competencias.** Buenos Aires. Argentina. Noveduc – GRAÓ