

# USO DE LA HIPERMEDIA PARA EL TRÁNSITO DE LA FÍSICA CLÁSICA A LA CUÁNTICA

**SÁNCHEZ<sup>1</sup>, PATRICIA; MASSA<sup>1</sup>, MARTA y RASSETTO<sup>2</sup>, MARÍA JOSEFA**

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura – Universidad Nacional de Rosario  
Avda. Pellegrini 250 – 2000 Rosario. Argentina TE 54-341-4802649. <psanchez@fceia.unr.edu.ar>

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias de la Educación- Universidad Nacional del Comahue. Irigoyen 2000- 8324. Cipolletti. Argentina. TE 54 – 299 – 478 3850 <mjrassetto@hotmail.com>

---

**Palabras clave:** Hipermedia; Nociones cuánticas; Educación secundaria.

## OBJETIVOS

La reforma educativa argentina introduce los contenidos vinculados con la estructura atómica en Física en el nivel Polimodal. Uno de los desafíos que se le presenta al profesor es la manera de abordar estos contenidos teniendo en cuenta la complejidad conceptual del enfoque microscópico y los formalismos requeridos por la teoría cuántica.

El surgimiento de la Teoría Cuántica tiene lugar tras un período de transición donde la Historia de la Ciencia registra una significativa evolución desde las arraigadas concepciones clásicas. Esta etapa es de interés para delinear criterios de significación educativa, presentando situaciones que permitan al estudiante analizar los límites de validez de las teorías clásicas e identificar aquellos conceptos que se ressignifican a la luz de las nuevas ideas.

En este trabajo se discute una propuesta didáctica, centrada en la etapa de transición 1895-1927 como período de evolución conceptual de la Física. Se ha desarrollado en un formato hipermedial, con soporte físico óptico. Como recurso didáctico, se la ha elaborado con la intención de:

- a. construir en forma progresiva el marco conceptual de la Mecánica Cuántica, incorporando sólo los formalismos matemáticos significativos;
- b. presentar situaciones y experiencias conflictivas que entren en contradicción con las creencias del usuario;
- c. permitir al usuario abordar la temática de modos diferentes, según sus intereses y motivaciones.

## MARCO TEÓRICO

Como elemento de aprendizaje, la hipermedia se entiende como una acción mediada (Wertsch, 1998). Se asocia con la zona de *desarrollo próximo* y con el concepto de *andamiaje*, entendido como una situación de interacción entre dos sujetos, en este caso la hipermedia y el aprendiz, con diferente pericia en el tema que los vincula.

La hipermedia, elaborada sobre la base de una escalera de abstracción, aporta contenidos correctamente estructurados pero atendiendo al proceso de comunicación para que resulte un mediador privilegiado en el aprendizaje.

El uso de los recursos informáticos permite que el proceso educativo pueda transcurrir en diferentes lugares físicos. Puede introducir experimentos virtuales complementando actividades de aula o bien ofrecer experiencias que no pueden ser desarrolladas por la complejidad del equipamiento o el tiempo demandado. Teniendo en cuenta el rol de los contextos en la atribución de significados para situaciones donde pretende “comunicarse la ciencia” como un proceso socialmente construido, esta posibilidad es altamente favorable para el aprendizaje.

Tradicionalmente la clase, como el lugar de encuentro entre docentes, alumnos y saberes, ha sido un espacio de construcción de conocimientos por parte del alumno, ayudado por estrategias de enseñanza. En la transposición didáctica, el profesor *“logra que el contenido científico se transforme en contenido a enseñar y en contenido aprendido sin que sea deformado”* (Sanjurjo y Rodríguez, 2003). Tal transposición debe también lograrse a través del guión con que se diseña la hipermédia, articulando los diferentes medios a los que se puede recurrir (imágenes secuenciadas, aclaraciones de palabras cuando lo demanda el sujeto, acotaciones para contextualizar la nueva información, experimentos que promuevan conflictos, validen o contradigan ideas del usuario). Desde esta perspectiva, sería deseable que el guión guarde relación con la dinámica del aula.

El diálogo es una forma clásica de la comunicación discursiva. Implica un modo no dogmático de pensar, abriendo el camino al abordaje de una problemática desde múltiples perspectivas. El diálogo alrededor de un tema puede ser un riguroso método de conceptualización, llevándose a cabo procesos de diferenciación progresiva y de síntesis integradora. Constituye una forma comunicativa que enriquece pedagógicamente el desarrollo de la clase. La educación dialógica se sustenta en el carácter relacional del diálogo, una visión constructivista del conocimiento y una concepción no autoritaria de la enseñanza. Cada réplica, por más breve e intermitente que sea, posee una conclusión específica, al expresar cierta posición del hablante, la que puede ser contestada y con respecto a la cual se puede adoptar otra posición.

El recurso hipermédial, como instancia educativa, ofrece diferentes alternativas para establecer la comunicación con el usuario:

- el mensaje escrito: relacionado con su contenido, extensión, grado de dificultad, nivel de abstracción,
- el mensaje hablado: en función del tiempo, timbre, coordinación entre diferentes canales,
- las imágenes: según su tipo, su función, grado de interacción del usuario, relación con el sonido.

Tales formas comunicativas deben articularse para atender a una estructuración conceptual coherente de contenidos, al complejo proceso de aprendizaje y a la singularidad del usuario. En particular, son aspectos básicos a atender:

- el nivel de atracción – distracción de una pantalla,
- la definición de un recorrido conceptual principal con conexiones secundarias, mediante links, hotwords, que permitan acceder a distintos niveles de actividades de conocimiento, tales como: profundizar, ejemplificar, referenciar históricamente, ilustrar, posibilitar el acceso a experimentos virtuales;
- el diseño de diferentes posibilidades de navegación de acuerdo con los intereses del usuario.

De esta manera la hipermédia, como recurso de enseñanza – aprendizaje, debe ser en esencia *adaptable* a distintos usuarios y entornos, *flexible*, en cuanto a la forma de acceder a los conocimientos e *integrable*, en el sentido que posibilite, a través de funciones interactivas, la transmisión e integración de los contenidos (Battro y Denham, 1997).

## DESARROLLO

La hipermédia fue diseñada con una estructura que simula la dinámica del aula., siendo sus actores un profesor y un grupo de estudiantes. Un rectángulo con esquinas redondeadas, ubicado en la región superior izquierda representa la pantalla de una computadora que ofrece el material que actúa como el eje de la clase en el recorrido principal. Los estudiantes ocupan, en las sucesivas pantallas, posiciones diferentes

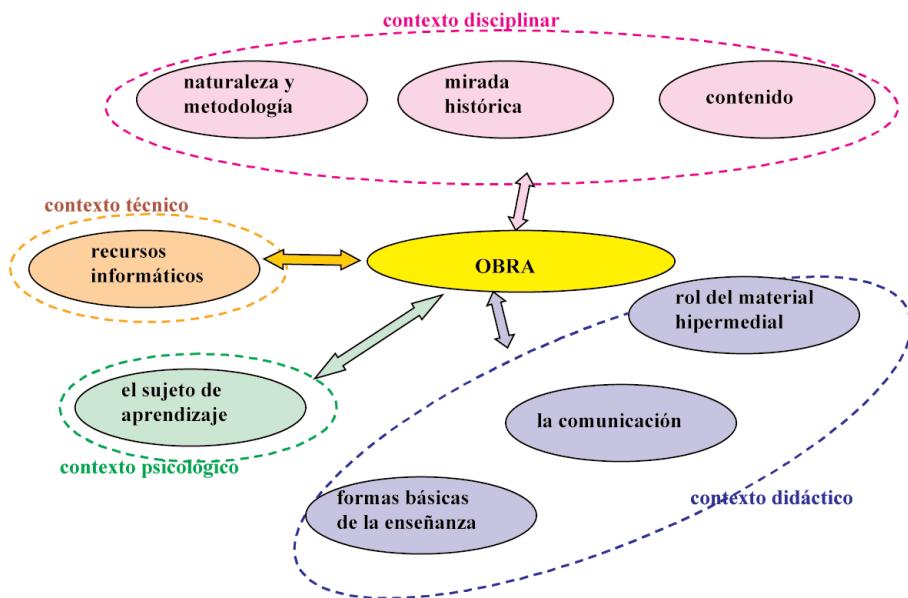
según que el eje del contenido se centre en el diálogo o en la pantalla de la computadora. El profesor se ubica a la derecha, completando una estructura de triángulo invertido en la distribución de los elementos sobre la pantalla que se ofrece al usuario como aula virtual.

Los diálogos (docente-alumnos, alumno-alumno) se secuencian temporalmente para otorgar a la obra el sentido de un lenguaje oral a pesar de su formato escrito, mediante una programación de secuencias de globos de diálogo. El contenido se organizó a partir de observaciones de un aula real mientras estudiantes de un Profesorado de Física intervenían al ser desarrollado un contenido equivalente. De esta forma, el diálogo constituye una adaptación de los registros relevados.

Para el diseño y desarrollo de la hipermedia se tuvieron en cuenta cuatro contextos (esquema I):

- a) Conceptual: La obra se centró en el proceso de resignificación de aquellos conceptos clásicos (tales como: momento angular, onda, trayectoria) que, respondiendo a un criterio de anclaje, actuarán activamente en el proceso de *transición* entre los niveles clásico y cuántico. En particular se trabaja en torno a: la cuantización de energía de un oscilador, la constante de Planck, el fotón, el núcleo atómico, la dualidad onda-partícula, el magnetón de Bohr, los estados estacionarios, los estados cuánticos. El recurso histórico se utiliza para analizar los elementos básicos de las diferentes teorías vinculándolas con los experimentos que resultaron cruciales.
- b) Didáctico: El software educativo se piensa como un espacio informativo y de trabajo que contemple la formulación de modelos alternativos de enseñanza, con sus formas básicas (Sanjurjo y Rodríguez, op. cit.), que posibiliten la adquisición del conocimiento como un proceso social. Como sostiene Landow (1995) “...el hipertexto didáctico redefine el papel del enseñante transfiriendo parte de su poder y autoridad al estudiante. Esta tecnología tiene el potencial para hacer que el enseñante sea más un entrenador que un conferenciante, que sea más un compañero mayor y con más experiencia que un líder reconocido”. La comunicación que se establece a través del material hipermedial, involucra el lenguaje verbal y el icónico. Las imágenes se introducen con distintas funciones: representación, alusión, enunciativa, atribución, catalizador de experiencias y operación, entre otras. En esta obra el profesor actúa como orientador en el proceso de construcción de conceptos de sus alumnos, asumiendo funciones diferentes: a veces informa, otras cuestiona incitando a la réplica de los alumnos, también valida u orienta nuevas actividades. El diálogo se ha estructurado sobre la base de la idea de compromiso y cooperación entre los actores con el fin de comprender, y no como una sucesión de preguntas y respuestas.
- c) Psicológico: Desde el marco de las teorías implícitas se asume que “...el cambio conceptual es algo muy diferente del paso de un concepto específico (erróneo) por otro concepto específico (el científico). Es más bien un cambio en la forma de conceptualizar o en los esquemas conceptuales que se utilizan para interpretar los problemas” (Pozo, 1996). Así, la educación científica ha de orientarse para que los alumnos construyan las teorías científicas a partir de sus teorías personales mediante procesos de evolución conceptual, pero sin que ésta implique necesariamente un abandono de sus creencias intuitivas, sino más bien una nueva conceptualización. En este sentido, el diálogo en la hipermedia supone una construcción en común, un interés en la búsqueda de la comprensión de una nueva forma de pensamiento; se sustenta en el compromiso sobre una temática, que relaciona, en este caso, al profesor y sus alumnos. El diálogo se ha estructurado sobre la base de la idea de compromiso y cooperación entre los actores con el fin de comprender, y no como una sucesión de preguntas y respuestas.
- d) Técnico: los recursos se orientan para la creación de entornos en los cuales los sujetos podrán comprender e interaccionar con la información, en función de diversos sistemas simbólicos. Entre los recursos informáticos, las simulaciones permiten la formulación de hipótesis, el planteo de explicaciones alternativas y su contrastación en situaciones controladas. Permiten, además, una manipulación dinámica de la representación de un sistema o fenómeno, visualizando qué sucede bajo distintas condiciones. Brinda la posibilidad de intervenir para modificar situaciones con representaciones realistas equivalentes a la manipulación directa. Presenta simultáneamente los efectos de los cambios de diversas maneras. Se

adoptó para la producción el software Toolbook versión 8.5, haciendo uso de diferentes elementos del catálogo: campos de texto como los globos de diálogo y el scroll, objetos de acción (action trigger, delay, reset trigger), botones, objetos de navegación, media players. Se usaron, además, hotwords para establecer hipervínculos diversos. Los botones se programaron utilizando el “open script” como recurso.



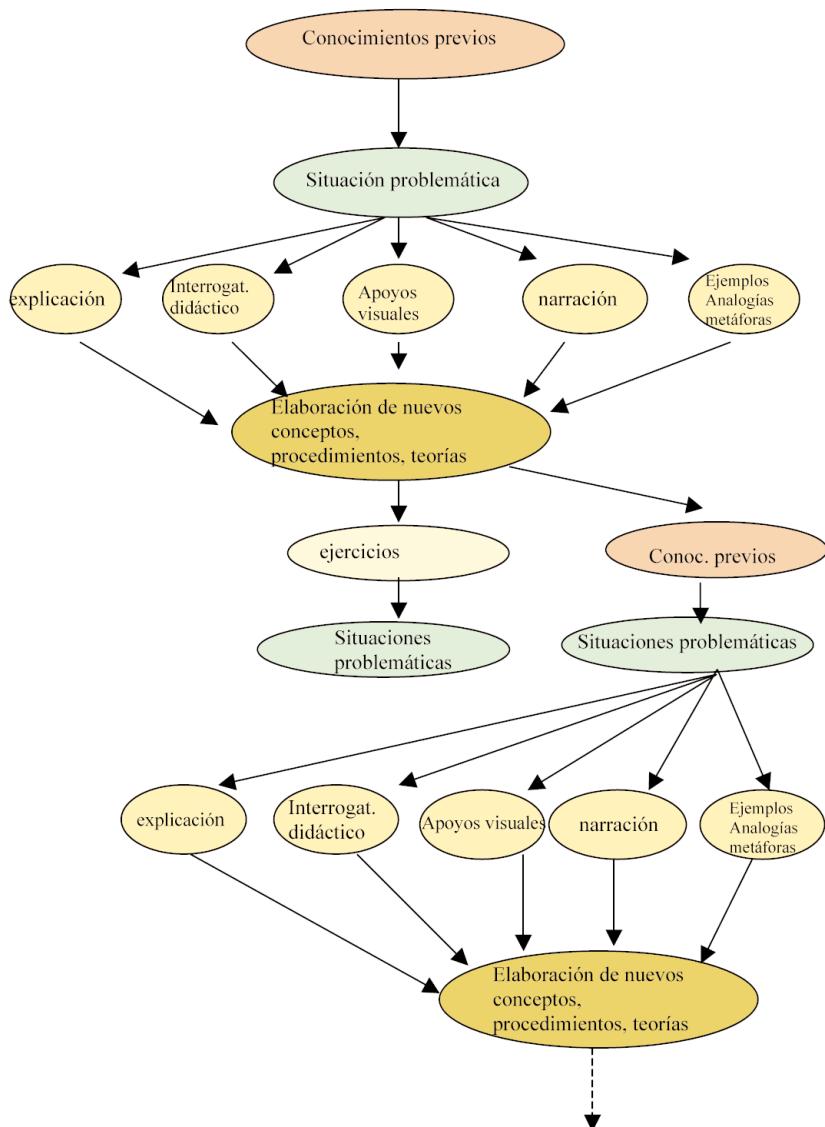
**ESQUEMA I**  
Contextos considerados para el diseño de la hipermedia

La obra se estructuró en siete secciones. La primera consiste en cuatro primeras páginas generales: la carátula; la presentación de la obra; las indicaciones para la navegación y el índice. En las seis secciones restantes se desarrollan los núcleos conceptuales:

- *Introducción*: que incluye un video como analogía del arraigado pensamiento clásico frente al desafío de los nuevos conceptos cuánticos.
- *Espectros de absorción y emisión*: se introduce resultados experimentales para identificar el comportamiento de los observables. Se destaca la dinámica del procedimiento científico.
- *El problema de la emisión del cuerpo negro*: se desarrolla la concepción de comportamientos continuos que devienen en discretos, introduciendo la constante  $h$
- *El efecto fotoeléctrico*: se introduce el fotón, dando inicio a la dualidad onda – partícula.
- *Primeros modelos atómicos*: se discuten las modelizaciones que, con elementos clásicos, intentan explicar la estructura atómica.
- *Teoría atómica de Bohr y Sommerfeld*: se introduce la cuantización de las variables dinámicas  $L$ ,  $L_z$  y  $E$  y su aplicación para explicar la emisión y absorción de fotones.
- *La hipótesis de De Broglie*: se trabaja con la analogía ondas de materia: - ondas estacionarias.
- *Hacia la nueva formulación de la Mecánica Cuántica*: se introducen los elementos de las teorías alternativas: matricial y ondulatoria; los números cuánticos; interpretación probabilística.

En cada sección, mediante imágenes se representa una clase, articulando los distintos momentos:

- **Introducción**: donde se trata de motivar a la audiencia para abordar el tema.
- **Desarrollo**: estructurado a partir de una articulación entre recursos, perspectivas epistemológicas y pedagógicas en forma espiralada, como lo muestra el esquema II.
- **Conclusiones**: elaboradas en los cierres parciales de cada tema y su relación con los anteriores



**ESQUEMA II**  
Estructura para el diseño de una clase

## CONCLUSIONES

Como producto final, la hipermedia elaborada permite tanto un recorrido secuencial y progresivo a través de los seis núcleos conceptuales definidos, como un abordaje independiente por cualquiera de ellos, con la posibilidad de recurrir a cualquiera de los demás, mediante los recursos técnicos utilizados (hotwords, links, etc.).

Si el usuario elige la primera opción de recorrido, la hipermedia le ofrecerá un entorno de aprendizaje articulado, simulando clases concatenadas, para avanzar en forma gradual sobre diferentes niveles de conceptualización, siguiendo un proceso de abstracción gradual: el reconocimiento de observables y los comportamientos que los mismos dan cuenta – el carácter discreto de las variables dinámicas – la noción de dualidad – las alternativas de formalización e interpretación.

Si el usuario opta por ingresar a un único núcleo en función de sus intereses y motivaciones, el diseño le permitirá centrarse sobre la construcción de un contenido específico, donde la actividad dialógica desarrollada le ofrecerá alternativas para la conceptualización: situaciones experimentales, textos informativos, definiciones, referencias para contextualizar o para relacionar. El diálogo, en el aula simulada, es un recurso esencial para promover la comprensión de los conceptos, para superar las posibles contradicciones que se le presenten al sujeto durante la lectura o para validar sus aciertos.

Uno de los puntos más críticos en la elaboración de la hipermedia ha sido regular los tiempos de las participaciones de los alumnos y el profesor durante los diálogos de manera de acompañar la lectura comprensiva del usuario y adecuarla a su ritmo de interpretación, a fin de que sus dudas y aciertos se vean reflejados en las respuestas de los actores virtuales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATTRO, A. y DENHAM, P. (1997). *La educación digital. Una nueva era del conocimiento*. Buenos Aires: EMECE
- LANDOW, G. P. (1995) *Hipertexto: la convergencia de la teoría crítica contemporánea y la tecnología*. Trans. Patrick Ducher. Barcelona: Paidós Iberica
- POZO, J. I. (1996). *Aprendices y maestros. La nueva cultura del aprendizaje*. Madrid: Alianza.
- SANJURJO, L. y RODRÍGUEZ, X. (2003). *Volver a pensar la clase*. Rosario: Homo Sapiens.
- WERTSCH, J. V. (1998). *Vygotsky y la formación social de la mente*. Barcelona: Paidós.