



Sobre la Incorporación de las TICs a la Práctica Experimental en Física: Preferencias de los Alumnos

*Capuano, Vicente; Bordone, Eduardo;
Gutierrez, Edgardo; Salazar, Ma. J.*

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. UNC

vcapuano@com.uncor.edu

Resumen

Este trabajo ofrece el resultado de las preferencias fundamentadas de los alumnos, en relación a realizar una práctica experimental (PE) con equipamiento tradicional o con equipamiento en el que se han incorporado de distintas maneras, las TICs. Se operó con distintas PE, en un curso de Física del ciclo básico universitario, en experimentos asociados al movimiento de un carrito sobre un plano inclinado. Los resultados estarían indicando una clara preferencia por la incorporación de las TICs en las PE, aun cuando en los motivos por los cuales prefieren dichas prácticas, no hay señales de que



se hayan considerado características relacionadas con aspectos académicos que subyacen en la misma.

Palabras Clave: Laboratorios; TICs; Alumnos; Preferencias; Fundamentos.

Introducción

La PE aparece con fuerza entre las acciones didácticas a las que un docente puede recurrir al momento de intentar la construcción de un concepto, como parte del proceso de enseñanza y aprendizaje. No se duda en general sobre su importancia pero, a pesar del esfuerzo materializado en distintas propuestas para la enseñanza experimental, el colectivo de investigaciones destaca que los resultados del aprendizaje no han sido del todo satisfactorios (Pesa y otros, 2012; Hodson, 1994). En general, los intentos por producir mejoras en la PE, están orientados a lograr clases en el laboratorio en las cuales las prácticas sean "casi" individuales (2 ó 3 alumnos por equipo), a incrementar el tiempo destinado a las mismas, incrementando a su vez la variedad de experimentos, y a incorporar equipamiento moderno dotado de nuevas tecnologías (Kofman, 2005).

Una PE será efectiva, siempre y cuando se logre que el alumno reflexione críticamente acerca de la misma, no la desarrolle mecánicamente al estilo de una receta, y que la experiencia diseñada logre despertar su interés (Salinas, 1996; Gil Pérez y Valdéz Castro (1996). También la construcción de conceptos y el cambio conceptual, se ven favorecidos por el desarrollo de experimentos (Novak, 1990; García y otros, 1999).



Sobre PE es mucho lo que se ha transitado, desde las tradicionales hasta las actuales, fuertemente asistidas por las nuevas Tecnologías Informáticas y de la Comunicación (TICs). Las distintas modalidades de PE, impulsadas por desarrollos en el ámbito de la mecánica de precisión, de la electrónica, de la computación, de la informática y de las comunicaciones, plantean como instancia complementaria a la de indagar sobre la fortaleza en general de la PE en el ámbito de la Enseñanza de la Física, el estudio de sus distintas modalidades.

Otras investigaciones realizadas en el ámbito de la Enseñanza Experimental de la Física, concluyeron en la conveniencia de aproximar la PE, a las "experiencias cruciales" que llevadas a cabo por científicos, contribuyeron significativamente con la evolución del conocimiento (Klimovsky, 1994; Capuano y otros, 2001). Una de las experiencias cruciales de la Física, es aquella realizada por Galileo en el siglo XVII, con la intención de determinar las características del movimiento de un cuerpo que se desplaza por un plano inclinado (Fuertes Martínez y Pérez Gigosos, 1996; Gutierrez y Capuano, 2008; Boido, G., 1993). Ese experimento se ha repetido en innumerables ocasiones, en distintos países y en distintos niveles del sistema educativo (medio y superior), y se considera una práctica paradigmática en el ámbito de un laboratorio de ciencias.

Respecto de las TICs, es generalmente aceptado en el ámbito académico, que éstas pueden provocar una verdadera revolución educativa (Kofman, ob. cit.), aun cuando, en general y al menos en la Enseñanza de la Física, no se ha logrado superar aún una primera fase, que podríamos llamar exploratoria. Casi no se ha investigado su valor como estrategia educativa (Capuano y Gonzalez, 2008). Hay advertencias que se asientan más que nada en la intuición (Sanmartí e Izquierdo,



2001), sobre las ventajas y desventajas de utilizarlas. Finalmente, nadie puede negar que con el uso de las TICs mejora la precisión que se logra en la toma de datos, la objetividad de su lectura (prácticamente se hace sin la intervención del operador), la velocidad con la cual pueden procesarse los datos, la contundencia de curvas experimentales muy próximas a curvas teóricas, etc., es decir, nuevos aspectos de la práctica experimental que se debieran traducir en aprendizajes sujetos de investigación.

Es sabido que las prácticas responden a distintas finalidades, y que de acuerdo al objetivo debe realizarse su diseño (Izquierdo y Espinet, 1999; Capuano y otros, 2006a; Capuano y otros 2006b). Las prácticas deben orientarse a lograr determinados aprendizajes y para ello es determinante la arquitectura del equipo (instrumentos y elementos en general que lo componen), así como el modo sugerido para su uso. Las TICs se pueden incorporar a la PE de distintas maneras y el modo como se las incorpore, dependerá necesariamente de los objetivos planteados para la misma.

¿Podrá una práctica clásica, probada y valorizada su eficiencia como instrumento de enseñanza y de aprendizaje, incorporar las TICs sin perder su riqueza desde lo conceptual cuando incorpora los beneficios que implica el uso de nuevas tecnologías? Creemos que es posible. Creemos que no es sencillo ni intuitivo determinarlo y por ese motivo, consideramos al problema de incorporar las TICs a la PE clásica, como un sujeto de investigación y procedemos a investigarlo.

El propósito de este trabajo es, sobre la base de una PE clásica con plano inclinado, diseñar al menos dos tipos de prácticas con distintos grados de incorporación de las TICs, para investigar en una primera etapa, sobre las preferencias de los alumnos por utilizar una u otra práctica, prestando especial



atención en los motivos que guían su elección. A la PE clásica se la denominará Práctica Experimental Tradicional (PET); a una de las prácticas diseñadas, la que incorpora TIC sólo en algunos aspectos del uso del equipo la denominaremos Práctica Experimental Parcialmente Asistida (PEPA); y a aquella que incorpora TICs en variados aspectos y logra que el proceso de medición y de cálculo sea automático, la denominaremos Práctica Experimental Totalmente Asistida (PETA). Cada una de estas prácticas (PET, PEPA y PETA), constituirá una estrategia.

Como metodología de investigación se utilizó la cuantitativa, utilizando un cuestionario aplicado con la técnica del pretest y postest, especialmente elaborado en un diseño experimental que contempla dos Grupos Experimentales (GE1 y GE2) de alumnos y un Grupo Control (GC).

Hipótesis

Dado que aún no se ha generado un cuerpo de conocimientos asociado a la presencia de las TICs en los diseños de PE (Kofman, ob. cit.), por lo que se carece de información suficiente y conocimientos previos del objeto de estudio, orientamos esta investigación a lograr resultados que constituyan una visión aproximada de dicho objeto.

Los resultados logrados permitirán una formulación más precisa del problema ya que se dispondrá de nuevos datos y se podrán formular con mayor precisión las preguntas de investigación.

Resumiendo, consideramos a esta investigación como exploratoria, y con la función de profundizar en el conocimiento



del problema reuniendo información que permita en próximos trabajos la formulación de hipótesis.

| Grupos | GC (PET) 32 alumnos | | GE1 (PEPA) 31 alumnos | | GE2 (PETA) 33 alumnos | |
|---------------------------|------------------------|------------|--------------------------|------------|--------------------------|------------|
| | Comisión 1 | Comisión 2 | Comisión 3 | Comisión 4 | Comisión 5 | Comisión 6 |
| Práctica 1: cinemática | PET | PET | PEPA | PEPA | PETA | PETA |
| Práctica 2: dinámica | PET | PET | PEPA | PEPA | PETA | PETA |

Tabla I. Distribución de las estrategias

Diseño del Experimento

El experimento se llevó a cabo proponiendo a los alumnos tres tipos de prácticas diferenciadas (PET, PEPA y PETA) en las unidades “cinemática” y “dinámica”, en un curso de Física I del ciclo básico universitario. A las seis comisiones de dicho curso y en grupos de dos, le fueron aplicadas las distintas estrategias, según el esquema que muestra la tabla I. Las comisiones 1 y 2 que constituyeron el grupo control (GC), realizaron dos veces una PET (cinemática y dinámica); las 3 y 4, grupo experimental 1 (GE1), realizaron dos veces una PEPA; y las 5 y 6, grupo experimental 2 (GE2), realizaron dos veces una PETA. Se considera que la intervención con la estrategia, se realizó en un 20% del total de acciones didácticas desarrolladas por la cátedra en estos temas.

En cada una de las comisiones, de algo menos de 20 alumnos, se dispusieron seis equipos iguales, para la realización de cada una de las PE, con un docente que orientó su realización.



Para indagar sobre los resultados de la aplicación de las distintas estrategias, se utilizó como instrumento de evaluación un cuestionario con 8 preguntas, de las cuales sólo utilizaremos 3 en este trabajo, elaborado especialmente para evaluar preferencias por el tipo de práctica, y aspectos cinemáticos y dinámicos del movimiento de un cuerpo que se desplaza por un plano inclinado. Fue aplicado a las seis comisiones del curso, con la técnica del pretest y postest. Los alumnos de todas las comisiones debieron completar el cuestionario en un tiempo máximo de 30 minutos, antes de iniciar los temas involucrados en la investigación (pretest) y al finalizar los mismos (postest).

Las Prácticas Experimentales PET, PEPA y PETA

En las prácticas sobre **cinemática** y sobre **energía**, en sus tres versiones (PET, PEPA y PETA), se plantearon como objetivos generales: medir la velocidad y la aceleración de un cuerpo que se desliza por un plano inclinado; caracterizar el tipo de velocidad que experimenta el cuerpo, encontrar una relación entre la aceleración del cuerpo y la de la gravedad, considerando la inclinación del plano; introducir la problemática de la energía mecánica en sus distintas formas y operar sobre las mismas para indagar sobre cómo éstas interactúan entre sí: aplicar la "teoría de errores" a las mediciones; acumular, al finalizar la PE, información y antecedentes que se puedan utilizar como fundamentos para emitir juicios de valor y de conocimiento; y analizar críticamente la experiencia.

Las Prácticas Experimentales Tradicionales (PET)

Fueron realizadas por las comisiones del GC, y en su diseño se utilizó, para llevar a cabo las mediciones, una cinta métrica y un cronómetro. Con una plomada se aseguró la vertical en la medida de las alturas. La inclinación de la pista se determinó midiendo la altura " h_0 " y la distancia horizontal " b ". El tiempo de caída del carrito por el plano inclinado, partiendo del reposo, se midió con un cronómetro. La Figura 1 muestra un esquema del arreglo experimental.

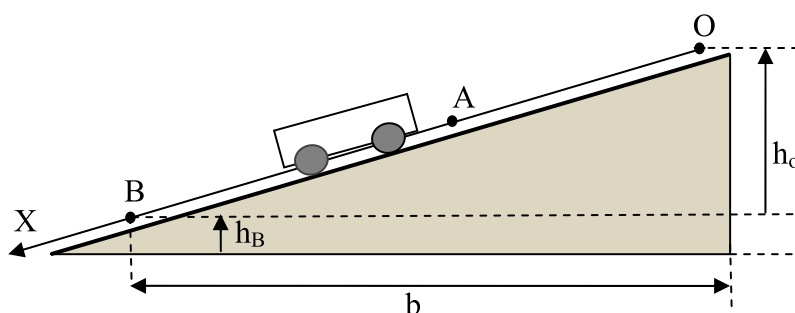


Figura 1. Esquema que muestra algunos parámetros que caracterizan a la PET

Admitiendo que el movimiento es acelerado y que ésta es constante (se demostró en clases teóricas), se calculó la velocidad final del móvil en el punto "B". Con dicho valor y el tiempo de caída, se calculó la aceleración del carrito. También con la velocidad final se pudo calcular el valor de energía cinética en el punto inferior "B" y con la medición de las alturas " h_0 " y " h_B ", se calculó el valor de la energía potencial del carrito en los puntos "O" y "B".

En suma, mediante mediciones y cálculos, se pudieron determinar valores de velocidad en el punto "B", de energías potencial y cinética en los puntos indicados como "O" y "B", y de la aceleración que experimenta el carrito. Las incertidumbres de las mediciones directas e indirectas, se determinaron a partir de las incertezas estimadas en las mediciones de los espacios y los tiempos, y utilizando la teoría de propagación de incertezas.

Las Prácticas Experimentales Parcialmente Asistidas (PEPA)

Realizadas por el GE1, en su diseño se utilizó para medir una cinta métrica, un instrumento Xplorer Dataloger (GLX), un sistema de computación y un sensor de posición que opera con una señal de ultrasonido (mayor que la frecuencia audible) por un sistema similar al de un radar. Con una plomada se aseguró la vertical al medir alturas. Respecto de las PET, sólo se cambió el modo de registrar las distintas posiciones del móvil y el instante de tiempo en el que ello ocurre.

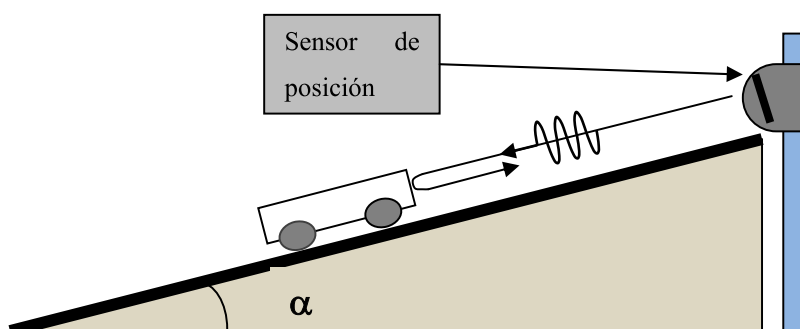


Figura 2. Esquema del montaje que utilizará durante la práctica experimental PEPA y la PETA.



El Xplorer GLX es un equipo de adquisición de datos, que puede analizar los datos recogidos, realizar operaciones y representaciones gráficas, y conectado el sensor de posición, proporciona los datos que contiene la Tabla II. Luego, se acopla el GLX a una computadora que se utiliza para imprimir la Tabla II (también se podría haber conectado el Xplorer directamente a una impresora).

| Punto | Tiempos t [s] | Posición X [m] |
|--------------------------------|------------------|-------------------|
| ----- | 0,560 | 0,132 |
| ----- | 0,580 | 0,132 |
| ----- | 0,600 | 0,132 |
| (x_0, t_0) | 0,620 | 0,132 |
| (x_1, t_1) | 0,640 | 0,133 |
| (x_2, t_2) | 0,660 | 0,133 |
| (x_3, t_3) | 0,680 | 0,134 |
| (x_4, t_4) | 0,700 | 0,135 |
| (x_5, t_5) | 0,720 | 0,136 |
| (x_6, t_6) | 0,740 | 0,138 |
| (x_7, t_7) | 0,760 | 0,139 |
| (x_8, t_8) | 0,780 | 0,141 |
| (x_9, t_9) | 0,800 | 0,143 |

Tabla II. Conjunto de valores que registra el Xplorer.



Las Prácticas Experimentales Totalmente Asistidas (PETA)

Realizadas por el GE2, son en todo similares a la práctica anterior, salvo que una vez que la computadora ha almacenado los datos, utiliza un software especialmente cargado en la misma, el "Data Estudio", compatible con el modo como archivó los datos el GLX, para analizarlos. Por ejemplo, se puede observar en la pantalla de la computadora, la representación de la función posición del carrito $x(t)$; también el programa puede ajustar una función de segundo grado, $x(t) = a.t^2 + b.t + c$, a la representación anterior, determinando los parámetros que caracterizan al movimiento ("a", "b" y "c") y sus incertezas asociadas (" Δa ", " Δb " y " Δc "). Lo mismo puede hacer con la función velocidad asociada al movimiento del carrito, determinando los parámetros que la caracterizan y sus incertidumbres asociadas. Los alumnos utilizan todas estas posibilidades que les proporciona el "Data Estudio", para estudiar el movimiento.

Instrumento de Evaluación y Resultados

A continuación se incorpora el cuestionario (en cursiva) y luego de cada una de las preguntas, se agregan los resultados.

Enunciado.

Suponga un carrito que se desliza por un plano inclinado, partiendo del reposo desde una posición inicial indicada como (x_0) . Desprecie todo tipo de rozamiento y considere que dispone de distintos instrumentos de medición y registro, con los cuáles puede determinar la posición que ocupa el móvil en distintos instantes de tiempo (ver Figura 3). NOTA:



luego se detallan los instrumentos disponibles, sus características y su uso (cinta métrica, cronómetro, sensores sonoros y Dataloger), similar a como se los detalló cuando se describen las prácticas (no se incluye por razones de espacio), especialmente los dos últimos que se supone desconocidos para los alumnos.

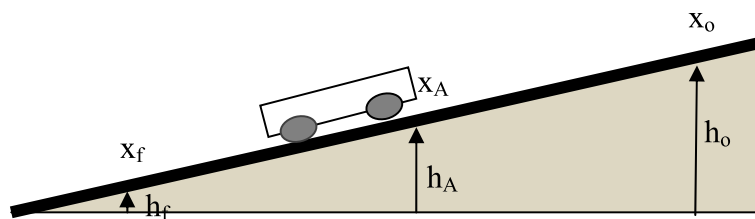


Figura 3. Cuerpo que se desliza por un plano inclinado

Pregunta 1.

Si usted tuviese la posibilidad de trabajar de las maneras **A.**, **B.** y **C.** que se indican a continuación, ¿cual elegiría? Seleccione en orden a su gusto, las opciones: 1º).....; 2º)..... 3º).....

- A. Opera con el **cronómetro** midiendo el tiempo que tarda el carrito en recorrer una cierta distancia, que mide con una cinta métrica, y luego, con las expresiones analíticas del MRUV, determina los parámetros que caracterizan al movimiento.
- B. Opera con el **sensor sonoro** para que le proporcione la tabla, obviamente mucho más extensa que la de la figura, con las distintas posiciones del carrito y los tiempos en las cuales las ocupa.



- C. Opera con el sensor conectado a una **computadora**, para que ésta procese los datos y obtenga las expresiones analíticas de las funciones posición, velocidad y aceleración, y sus correspondientes representaciones gráficas.

NOTA:

EXPLIQUE BREVEMENTE el motivo del orden de su selección, y si le parece que ninguna de las opciones propuestas para trabajar es interesante, y usted dispone de una manera mejor de trabajar, también EXPLIQUE BREVEMENTE.

Resultados.

Si bien la pregunta solicitaba un "orden" de preferencia de las estrategias dadas, con la posibilidad de agregar otra en el caso de que ninguna fuese considerada interesante, no se consideró el orden agrupándose las que tenían la misma opción en primer lugar (A, B ó C).

La Tabla III presenta los resultados. El GC que hizo como PE la PET, expresó en el pretest la preferencia que indica la segunda columna y en el postest la que indica la tercera, contadas desde la izquierda. En las que siguen, se indican las preferencias del GE1 y del GE2 antes y después de recibir la aplicación de la estrategia.



| Preferencias | GC - PET | | GE1 - PEPA | | GE2 - PETA | |
|--------------|----------|------|------------|------|------------|------|
| | Pre | Post | Pre | Post | Pre | Post |
| A (PET) | 28% | 44% | 16% | 0% | 30% | 3% |
| B (PEPA) | 22% | 12% | 16% | 16% | 12% | 3% |
| C (PETA) | 50% | 44% | 68% | 84% | 58% | 94% |

Tabla III. Respuestas a la pregunta 1.

En la tabla se ha sombreado el comportamiento del grupo (pretest y postest), en relación con la estrategia que le fue aplicada. El GC incrementa su preferencia por la práctica realizada en un 16%; el GE1 no modifica su preferencia; y el GE2 incrementa en un 36%.

El mayor cambio se da en el GE2 que incrementa la preferencia por la PETA en un 36%. Los dos grupos asistidos por las TICs, disminuyen a un mínimo sus preferencias por la PET: el GE1 a 0% (-16%) y el GE2 al 3% (-27%). El GC incrementa en un 16% su preferencia por la PET.

En relación con las explicaciones solicitadas, estas fueron agrupadas en las siguientes categorías:

1. no justifica,
2. la elección se justifica por la facilidad operativa, practicidad, automaticidad de la toma de datos.
3. la elección se justifica por la precisión en la toma de datos, apuntando a minimizar las incertidumbres y maximizar la exactitud.
4. la elección se justifica por una combinación de las categorías 2 y 3.



5. la elección se justifica en la mejor comprensión del fenómeno y de las funciones asociadas que lo describen.
6. Otros, la justificación dada no es comprensible o no tiene relación con lo que se preguntaba.

Dado que la justificación pudo involucrar dos o más categorías, la suma de porcentajes de las columnas, supera el 100%. La explicación más frecuente del porqué de la preferencia, Tabla IV, está asociada a la categoría 3.

| Categoría | PET (GC) | | PEPA (GE1) | | PETA (GE2) | |
|-----------|----------|------|------------|------|------------|------|
| | Pre | Post | Pre | Post | Pre | Post |
| 1 | 4% | 22% | 3% | 6% | 3% | 9% |
| 2 | 9% | 3% | 13% | 23% | 3% | 15% |
| 3 | 56% | 41% | 48% | 42% | 43% | 55% |
| 4 | 9% | 9% | 13% | 26% | 30% | 12% |
| 5 | 13% | 25% | 23% | 3% | 21% | 9% |
| 6 | 9% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |

Tabla IV. Justificación de la preferencia

Pregunta 2.

Suponga que su intención es medir la velocidad instantánea del carrito en su caída por la pista, ¿con cuál de los tres modos de operar "A", "B" y "C" descritos en el punto 1, usted puede lograrlo? INDIQUE EL MODO ("A", "B" o "C") Y EXPLIQUE BREVEMENTE.



Resultados.

En la Tabla V, similar a la III, todos los grupos incrementan su preferencia por la práctica realizada, según se observa en las celdas sombreadas: el GC un 9%, el GE1 un 20%, y el GE2 un 47% que resulta el mayor cambio en la pregunta 2, alcanzando su preferencia luego en el postest al 97%. En este grupo, las preferencias por la PET y la PEPA disminuyen a un mínimo. En los dos grupos asistidos (GE1 y GE2), las preferencias por la PET disminuyen a un mínimo.

| Preferencia de práctica | PET (GC) | | PEPA (GE1) | | PETA (GE2) | |
|-------------------------|----------|------|------------|------|------------|------|
| | Pre | Post | Pre | Post | Pre | Post |
| A (PET) | 15% | 24% | 17% | 0% | 17% | 3% |
| B (PEPA) | 41% | 32% | 40% | 60% | 23% | 0% |
| C (PETA) | 37% | 40% | 43% | 40% | 50% | 97% |
| No responde | 7% | 4% | 0% | 0% | 10% | 0% |

Tabla V. Respuestas a la pregunta 2

En relación con las explicaciones del porqué de la preferencia, se mantienen las categorías del punto anterior y el resultado se muestra en la Tabla VI. La categoría "6" es mayoritaria y disminuye entre el pretest y el postest; un 35% en el GC, un 21 % en el GE1 y un 6% en el GE2. El cambio más significativo aparece en el GC, que incrementa su categoría "1"



en un 41%. Llama la atención el bajo porcentaje de la categoría "5", en el pretest y en el postest.

| Categoría | PET (GC) | | PEPA (GE1) | | PETA (GE2) | |
|-----------|----------|------|------------|------|------------|------|
| | Pre | Post | Pre | Post | Pre | Post |
| 1 | 3% | 44% | 0% | 21% | 14% | 14% |
| 2 | 9% | 3% | 21% | 21% | 11% | 9% |
| 3 | 9% | 12% | 21% | 24% | 9% | 23% |
| 4 | 3% | 0% | 3% | 6% | 6% | 0% |
| 5 | 0% | 0% | 6% | 0% | 3% | 3% |
| 6 | 76% | 41% | 49% | 28% | 57% | 51% |

Tabla VI. Justificación de la preferencia.

Pregunta 3.

Si ahora su problema es analizar las incertezas asociados a las magnitudes que mide en la experiencia, por ejemplo errores asociados a la medición de los tiempos y de los espacios recorridos, para luego asociar errores absolutos a los valores de velocidad y aceleración ¿cuál de los tres modos de operar "A", "B" y "C" descritos en el punto 1, usted cree que es sencillo para determinar dichos errores? INDIQUE EL MODO ("A", "B" o "C") Y EXPLIQUE BREVEMENTE:

Resultados.

La Tabla VII, es similar a la anterior. En la práctica realizada (sombreada) el GC mantiene su preferencia muy alta,



del 59% y sin cambios, entre el pretest y el postest; el GE1 la incrementa levemente, en un 7%; y el GE2, la incrementa significativamente, en un 31%, que resulta el mayor cambio de la tabla.

| Preferencia de práctica | PET (GC) | | PEPA (GE1) | | PETA (GE2) | |
|-------------------------|----------|------|------------|------|------------|------|
| | Pre | Post | Pre | Post | Pre | Post |
| A (PET) | 59% | 59% | 41% | 15% | 33% | 18% |
| B (PEPA) | 6% | 8% | 16% | 23% | 28% | 15% |
| C (PETA) | 29% | 33% | 40% | 62% | 33% | 64% |
| No responde | 6% | 0% | 3% | 0% | 6% | 3% |

Tabla VII. Respuesta a la pregunta 3.

El GE1 mantiene su preferencia por la PEPA y traslada preferencias de la PET (-26%) a la PETA (+22%). El GC, no manifiesta cambios.

La explicación más frecuente está asociada a la categoría "3", seguida por la "2". Entre ambas superan el 50% en los tres grupos y en el pretest y en el postest. (Tabla VIII).



| Categoría | PET (GC) | | PEPA (GE1) | | PETA (GE2) | |
|-----------|----------|------|------------|------|------------|------|
| | Pre | Post | Pre | Post | Pre | Post |
| 1 | 6% | 6% | 3% | 9% | 11% | 6% |
| 2 | 12% | 19% | 22% | 27% | 11% | 34% |
| 3 | 47% | 34% | 42% | 30% | 43% | 23% |
| 4 | 16% | 0% | 12% | 9% | 9% | 0% |
| 5 | 3% | 13% | 3% | 3% | 0% | 14% |
| 6 | 16% | 28% | 18% | 22% | 26% | 23% |

Tabla VIII. Justificación de la preferencia.

Otra Manera de Mirar los Resultados

La Tabla IX, muestra los cambios de preferencia entre la PET, PEPA y PETA, en los tres grupos y en cada una de las preguntas: pregunta 1 (P1) referida en general a la PE; pregunta 2 (P2) referida a la capacidad de la práctica para medir velocidad instantánea; y pregunta 3 (P3) referida a la precisión con la cual se puedan calcular las incertezas en las mediciones. Nuevamente se han sombreado las celdas que corresponden a la práctica que realizó el grupo.

Comportamiento del GC.

Consideramos que no son en general significativos, los cambios que ocurren. El 16% que incrementa la preferencia en la P1, por la práctica que realizó (la PET), tal vez se deba a que los alumnos percibieron que aun con equipamiento sencillo, pueden lograrse resultados razonablemente buenos. Naturalmente,



tuvieron que hacerlo a expensas de disminuir su preferencia por la PEPA y por la PETA.

Comportamiento del GE1.

Se destaca una disminución del 26% en la preferencia por la PET en la P3, un crecimiento del 22% en la preferencia por la PETA en la P3, y también un crecimiento del 20% en su preferencia por la PEPA (práctica que realizó) en la P2.

| Preferencia de práctica | GC - PET Cambios | | | GE1 - PEPA Cambios | | | GE2 - PETA Cambios | | |
|-------------------------|------------------|------|-----|--------------------|------|------|--------------------|------|------|
| | P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | P3 |
| A (PET) | +16% | -11% | 0% | -16% | -17% | -26% | -27% | -14% | -15% |
| B (PEPA) | -10% | -9% | +2% | 0% | +20% | +7% | -9% | -23% | -13% |
| C (PETA) | -6% | +3% | +4% | +16% | -3% | +22% | +36% | +47% | +31% |
| No responde | ---- | -3% | -6% | ---- | 0% | -3% | ---- | -10% | -3% |

Tabla IX. Cambios en las preferencias de los grupos en cada una de las preguntas.

En la P1 hay un traslado de preferencia del 16%, de la PET a la PETA. Los tres grupos forman parte de un mismo curso y es posible que al momento de aplicar el postest, ya se haya difundido entre los alumnos, información sobre fortalezas y debilidades de las tres prácticas: por ejemplo que quienes realizaron la PETA, finalizaron con su práctica, con cálculos



matemáticos y de incertezas, y representaciones gráficas, en clase, ya que esa tarea fue realizada por el Data Estudio.

En la P2, los cambios pueden interpretarse como que los alumnos por trabajar con la tabla de pares ordenados casi simultáneos ($\Delta t=0,02s$), se convencieron que la mejor práctica para calcular la velocidad instantánea o casi instantánea, es la PEPA. Este incremento hizo que disminuyera (-17%) la preferencia por la PET, práctica en la cual claramente se miden valores de velocidad media. La preferencia por la PETA, prácticamente no se modifica. En relación con la P3, el grupo reduce (-26%) su preferencia por la PET e incrementa (+22%) su preferencia por la PETA. El pasar de la PET a la PETA, les permite evitar los tediosos cálculos asociados a la teoría de propagación de las incertezas que sí deben abordar cuando realizan la PET y la PEPA, pero que no hacen cuando realizan la PETA.

Comportamiento del GE2.

Los cambios más significativos ocurren en el GE2, con la preferencia por la PETA, en las tres preguntas. Agreguemos a ello que el cambio de +47%, que ocurre en la P2, es a partir de un valor de preferencia en el pretest del 50%, Tabla V, lo que le permite llegar al 97%. La elección de la PETA en las 3 preguntas, crece a expensas de disminuir la preferencia por las PET y PEPA. Resumiendo, el GE2 que realizó la PETA considera después de realizarla, que con ese tipo de equipamiento puede realizar la mejor PE, al menos en relación a las 3 preguntas realizadas. Es de las tres estrategias, la más impactante.



Explicaciones del porqué de la preferencia.

En la P1 (Tabla IV), los mayores porcentajes en los tres grupos (pretest y postest), los tiene la categoría 3, que se refiere a *"precisión en la toma de datos, apuntando a minimizar los errores y maximizar la exactitud"*. En la P2 (Tabla VI), los mayores porcentajes corresponden a la categoría 6, que se refiere a que *"no es comprensible o no tiene relación con la pregunta"*. También presenta porcentajes importantes, la categoría 1 que contiene a quienes *"no justifican"*. En la P3 (Tabla VIII), los mayores porcentajes corresponden a la categoría 3, como en la pregunta 1.

Conclusiones

Tanto en las preferencias como en las explicaciones del porqué de las mismas, no se perciben patrones claros de comportamientos (cambio entre pretest y postest). Sin embargo, señalamos observando la penúltima fila de la Tabla IX, que en las tres preguntas, el GC no modifica su preferencia por la PETA, y los GE1 y GE2, la incrementan significativamente.

Analizando la tabla por fila, se percibe que: la preferencia por la PET, en las tres preguntas y en los tres grupos (9 celdas) exhibe 7 cambios negativos, 1 positivo y una celda sin cambios; la preferencia por la PEPA, 3 positivos, 5 negativos y una celda sin cambios; y la preferencia por la PETA, 7 positivos y dos negativos. Ponderando los porcentajes, para todo el curso se llega a un corrimiento de preferencias de la PET a la PETA.

Las explicaciones del motivo de las preferencias, estarían aportando una preocupación en el sentido de que se analiza la presencia de las TICs, desde la facilidad operativa,



practicidad, automaticidad de la toma de datos, minimizar incertidumbres y maximizar exactitud, y no aparece en ninguna de las preguntas que la elección se justifique por una mejor comprensión del fenómeno y de las funciones asociadas al mismo. Por otro lado, y tomando como ejemplo la incerteza asociada a los distintos parámetros que caracterizan el movimiento, con la PETA, son provistos por el sistema, pero no se conoce en absoluto sobre cómo los calcula. Incluso, la tabla de pares ordenados que entrega el GLX, proporciona valores numéricos de los cuales se desconoce su incerteza.

En los resultados finales se percibe que cada grupo confía en la experiencia que realizó, pero esa confianza es claramente mayor, en aquellos que automatizaron el experimento. La ausencia de aspectos académicos que fundamenten la confianza, nos alientan a continuar con las investigaciones. Las restantes preguntas del cuestionario realizado, indagan sobre los contenidos y aprendizajes, yendo más allá de las preferencias y sus razones. Queda pendiente un próximo trabajo de análisis y correlaciones.



Referencias Bibliográficas

- Boido, G., 1993. La reconstrucción de experimentos en la historia de la ciencia: Galileo en debate. *Ens. de la Física - APFA*. 6(1), pp.66-72.
- Capuano, V.; Follari, B.; Dima, G.; De la Fuente, A.; Gutierrez, E.; Perrotta, M., 2001. *Los experimentos cruciales en la enseñanza de la Física y el espejo de Lloyd*. ENPF. Córdoba, pp.119-127.
- Capuano, V.; Gutierrez, E.; Martín, J.; Rocchietti, R.; Albarracín, L. y González, M. (2006a). *Sobre como las "prácticas experimentales orientadas" contribuyen al cambio conceptual*. V CAEDI. Mza., pp 463-470.
- Capuano, V.; Martín, J.; Gutierrez, E.; Rocchietti, R.; Albarracín, L. y González, M., 2006b. *El cambio conceptual y las PE orientadas, en la "formación de imágenes"*. SIEF 8. Gualeguaychú.
- Capuano, V, y González, M., 2008. Sobre cómo se incorporan las NTICS a la práctica docente en general y a la práctica experimental en particular, en Física. VI CAEDI. Trabajo N° 355. Páginas: 8.
- Fuertes Martínez, J. y Pérez Gigosos, G., 1996. Regreso al Plano Inclinado. *Revista de Enseñanza de la Física*. Vol. 9, N° 2, pp. 93-108.
- García, P., Insausti, M. y Merino, M., 1999. Propuesta de un modelo de trabajos prácticos de física en el nivel universitario. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 533-542.
- Gil Pérez, D. y Valdéz Castro, P., 1996. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 155-163.
- Gutierrez, E. y Capuano, V., 2008. Los "experimentos cruciales" en Física, la enseñanza de la Física y la "resignificación conceptual". *Memorias VI CAEDI*. Trabajo N° 354. Páginas: 8.
- Hodson D., 1994. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*. Vol 12, N° 3, pp.299-313.
- Izquierdo, M. y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), pp. 45-60.



- Klimovsky, A. 1994. *Las desventuras del conocimiento científico*. Editorial A-Z. Buenos Aires. Argentina.
- Kofman, H., 2005. Nuevos contenidos y metodologías con NTICs en la Enseñanza de la Física. *Revista de Física de La Argentina (FCEfYN -UNC) Número extraordinario*. pp 20-27.
- Novak, J., 1990. *Teoría y Práctica de la Educación*. Editorial Alianza Universitaria. IV reimpresión. Madrid, España, 175p.
- Pesa, M., Bravo, S. y Pérez, S., 2012. La importancia de las actividades de Laboratorio en la Formación en Física de Ingenieros. *SIE11*,pp 61-67.
- Salinas, J., 1996. Manifestación de razonamientos "ad hoc" en estudiantes de ingeniería. *Revista de Enseñanza de la Física*, 9 (2),25-32.
- San Martí, N. y Izquierdo, M., 2001. Cambio y conservación en la enseñanza de las ciencias ante las TIC. *Alambique* Nº 29 pp 71-83
- Sebastiá, J., 1987. ¿Qué se pretende en los Laboratorios de Física Universitaria? *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 5 Nº 3. pp. 196-204.
- Séré, M., 2002. La enseñanza en el Laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 20 Nº 3. pp. 357-368.



Sofisticación Epistémica Incipiente en Electroestática: Un Estudio de Caso en Alumnos Universitarios.

Perea, María Andrea; Buteler, Laura María

Instituto de Física Enrique Gaviola. Facultad de Matemática, Astronomía y Física.

Universidad Nacional de Córdoba.

perea@famaf.unc.edu.ar

Resumen

Se presenta un estudio de caso en el cual se analizan las habilidades epistémicas de tres estudiantes universitarios resolviendo un problema de electroestática. Empleamos el marco teórico de los Recursos Cognitivos. Éste asume que las tareas cognitivas que realizan los estudiantes se enmarcan epistémicamente mediante la activación de determinados recursos epistémicos. Los resultados evidencian que estos estudiantes universitarios (novatos en electroestática) ya poseen una sofisticación epistémica incipiente, lo cual es una clara componente de experticia. Esto no va necesariamente de la mano con la obtención de un resultado correcto, sino con la



disponibilidad y la activación de diversos recursos epistémicos que les resultan productivos para la actividad que se encuentran realizando.

Palabras clave: Recursos epistémicos; Recursos cognitivos; Sofisticación epistémica; Resolución de problemas de Física.

Introducción

Según diversos investigadores en el área de la educación en Ciencias, las concepciones epistemológicas de los estudiantes, resultan primordiales para interpretar sus dificultades en el aprendizaje de los contenidos científicos (Salinas et al., 1995; Campanario y Otero, 2000; McComas, 2000; Staphoupoulou y Vosniadou, 2007; Wainmaier, Speltini y Salinas, 2011).

Más allá del acuerdo existente sobre la relevancia que tienen las concepciones epistemológicas en el aprendizaje, los trabajos que las toman como objeto de estudio se enfocan en distintos aspectos de las mismas. Algunos de estos indagan sobre las concepciones epistemológicas de los estudiantes y su relación con la comprensión conceptual que los mismos alcanzan (por ejemplo, Guridi, 1999; Wainmaier, 2003; Wainmaier, Speltini y Salinas, 2011). Estas investigaciones se enfocan en las características públicas de la epistemología, es decir, en la forma en la que se construyen y validan los conocimientos en la comunidad científica. Desde esta visión, el término concepciones epistemológicas es utilizado para hacer referencia a las ideas sobre las Ciencias y el conocimiento científico.



Sandoval (2005) presenta una revisión exhaustiva sobre las diversas investigaciones realizadas en relación a las creencias de los estudiantes sobre la naturaleza de las Ciencias. El autor señala que la capacidad de indagación de los estudiantes está guiada por las *epistemologías prácticas* de los mismos. Distingue entre *epistemología formal* y *epistemología práctica*. La primera corresponde al conjunto de ideas sobre el conocimiento científico y su producción que los estudiantes parecen tener sobre la ciencia profesional (formal). Mientras que la segunda se refiere al conjunto de ideas que los estudiantes tienen sobre su propia producción de conocimiento en la ciencia escolar (las creencias epistemológicas que guían la práctica). Sandoval (2005) considera que para la mayoría de las personas, estas epistemologías prácticas no son coherentes y son probablemente tácitas.

Elby y Hammer (2001) remarcan la importancia de tener en cuenta que las concepciones epistemológicas productivas -las que ayudan al estudiante a aprender- a veces difieren de las concepciones epistemológicas "correctas" expuestas por filósofos y científicos sociales. Estos sugieren que muchos de los conocimientos epistemológicos ingenuos consisten en *recursos epistemológicos* -frecuentemente implícitos, a menudo inarticulados- que pueden ser activados en diferentes combinaciones por diferentes contextos.

Elby y Hammer (2001 y 2002), se enfocan en estudiar las llamadas *epistemologías personales* de los estudiantes que se corresponden con las que Sandoval (2005) denomina *epistemologías prácticas*. Estas *epistemologías personales* son justamente las que permiten a las personas determinar (ya sea implícita o explícitamente) cuál es el conocimiento adecuado para ser usado al abordar una situación particular. En otras palabras, las *epistemologías personales* son las que habilitan al



estudiante a dar respuesta a la pregunta tácita "¿de qué se trata esta actividad? ¿Qué se supone que tengo que hacer acá?" Esta perspectiva personal de las epistemologías, posibilita un mejor entendimiento de las tareas cognitivas que tienen lugar durante el aprendizaje, tales como la argumentación y la resolución de problemas (Coleoni y Buteler, 2012).

Nuestro trabajo se enfoca en las epistemologías personales de estudiantes universitarios novatos. Se observan cuáles son los recursos epistemológicos que éstos utilizan durante la resolución de problemas de Física, cómo enmarcan epistemológicamente la tarea, y cuál es el grado de cambio en sus epistemologías personales. Cabe aclarar que los llamamos estudiantes novatos, ya que trabajamos con estudiantes que recién habían visto los contenidos correspondientes a Electrostática pero todavía no habían sido evaluados.

Marco Teórico

El marco teórico que nos permitirá el análisis de las epistemologías personales de los alumnos es el marco de los Recursos Cognitivos. Se basa en una combinación de resultados básicos seleccionados de la investigación educativa, neurociencia, y la ciencia del comportamiento. Provee de ontologías –clases de elementos estructurales y la manera en que estos se comportan-, lo cual permite un rango de estructuras posibles e interacciones construidas desde esos elementos. Este marco admite la creación de modelos descriptivos y fenomenológicos que conectan muchos modelos existentes tales como el de las concepciones alternativas y el enfoque de conocimiento en piezas, o el modelado cognitivo con el enfoque sociocultural. El marco de los recursos es un modelo tipo red,



asociativo, con estructuras de control, y enlaces dinámicos (Bing y Redish, 2009).

Un componente importante de dicha estructura de control, el cual sirve para modelar el uso de la matemática en la física por parte de los estudiantes, son los llamados *recursos epistemológicos* o *epistémicos*. Un *recurso epistémico* es un elemento que representa un paquete de información fuertemente agrupado que, cuando es activado, lleva al individuo a interpretar el conocimiento en cuestión bajo una cierta lente. Estos son dinámicos; pueden ser activados y desactivados de un momento a otro. Varios autores (diSessa, 1993; Redish, 2004) han afirmado que las posturas epistémicas son múltiples y altamente sensibles al contexto. Una prueba más de la naturaleza múltiple de las epistemologías de los estudiantes es la desconexión que suele haber entre cómo los estudiantes ven la naturaleza de la ciencia formal, y cómo proceden para interpretar su propio trabajo en las clases de ciencias. Las posturas epistemológicas evolucionan de maneras complejas, en sentido de tiempo promedio, mientras los estudiantes progresan en su educación.

Un modelo de pensamiento de los estudiantes puede incluir también un proceso por el cual el conjunto de todas las opciones posibles (conceptuales y epistemológicas) son reducidas a un tamaño manejable para ser consideradas por el individuo. Este proceso se llama *enmarque*. De acuerdo con Bing y Redish (2009), enmarcar se corresponde con la elección (usualmente inconsciente) que la mente hace respondiendo a la pregunta: ¿qué clase de actividad es la que tengo acá?

Según Bing y Redish (2009), algunos de los grupos de enmarques que suelen realizar los estudiantes, y sus correspondientes recursos epistémicos dominantes, son los siguientes:



- Cálculo. Seguir algorítmicamente un conjunto de cálculos establecidos debería llevar a un resultado confiable.
- Mapeo Físico. Una representación matemática simbólica caracteriza fielmente alguna característica del sistema físico o geométrico que se está intentando representar.
- Invocación de la autoridad. La información que proviene desde una fuente de autoridad es confiable.
- Consistencia matemática. La matemática y las manipulaciones matemáticas son regulares, confiables y consistentes en diferentes situaciones.

Enmarcar es un proceso cognitivo dinámico. La mente de la persona hace un juicio inicial de acuerdo con la naturaleza de la situación en cuestión, pero ese juicio es continuamente actualizado y reevaluado. Todo el tiempo llega nueva información al estudiante ya sea en forma de un comentario de un compañero de clase, de una intervención del entrevistador, al dar vuelta la página de un libro, o incluso de asociaciones espontáneas al azar realizadas en su propio cerebro. Esta nueva información puede llevar al estudiante a re enmarcar su actividad. Cuando enmarcan y re enmarcan su actividad, se activan y desactivan diferentes elementos de su conocimiento matemático. A veces los enmarques de los estudiantes pueden mostrar una considerable resistencia al cambio. A medida que los estudiantes se vuelven más sofisticados y expertos, los autores suponen que se vuelven más flexibles en sus enmarques y aumenta la creación de enmarques híbridos (combinaciones de varios). En la siguiente tabla se muestran los cuatro enmarques mencionados por Bing y Redish (2009), y los indicadores primarios y secundarios que nos ayudan a identificarlos.



| | Cálculo | Mapeo Físico | Invocación de la autoridad | Consistencia matemática |
|----------------------------------|---|--|--|---|
| Clase de argumento usado | Seguir correctamente pasos algorítmicos lleva a un resultado confiable. | El buen ajuste que existe entre las observaciones matemáticas o físicas da fe del resultado. | La afirmación por parte de la autoridad de un resultado o de una regla le da credibilidad. | La similitud o la conexión lógica con otra idea matemática ofrece validación. |
| Otros indicadores comunes | Enfocar en la exactitud técnica. | Explicación a partir de un diagrama. | Citar una regla | Analogía con otra idea matemática. |
| | Encadenamiento matemático: se necesita esto para obtener aquello. | Gestos demostrativos. Razonamiento encadenado. | Ausencia de razonamiento encadenado. Poco reconocimiento de la subestructura. | Categorización. |

Tabla 1. Cuatro enmarques comunes y sus indicadores.

La *sofisticación epistémica* existe cuando el sujeto es capaz de cambiar de enmarque durante la resolución -a la cual llamaremos sofisticación epistémica de menor grado- y/o mantener varios enmarques al mismo tiempo sin la necesidad de desestimar ninguno -lo cual denominaremos sofisticación epistémica de mayor grado- (Bing y Redish, 2012).

A la luz de este marco teórico, las preguntas que nos planteamos inicialmente pueden reescribirse de la siguiente manera: ¿Existe sofisticación epistémica en estudiantes novatos? ¿Cuál es el grado de sofisticación epistémica que muestran estos estudiantes durante una primera instancia de resolución de un



problema? Estas preguntas forman parte de una investigación más amplia que intenta describir cómo cambia, si es que lo hace, la sofisticación epistémica de los estudiantes durante periodos completos de instrucción formal.

Metodología

Los participantes de esta investigación son tres estudiantes (M, S y A) de segundo año de la Licenciatura en Física de una universidad pública de Argentina. Al momento de la entrevista se encontraban finalizando el primer mes de cursado de Física General III, en donde hasta el momento se habían desarrollado los conceptos correspondientes a Electrostatica con la resolución de problemas correspondiente. Estos conceptos se enseñan al nivel de los presentados en libros como el de Serway (1997) y el de Resnick, Halliday y Krane (1993). Los estudiantes que participaron en el estudio lo hicieron de manera voluntaria, luego de haberse realizado la convocatoria a todo el grupo clase de dicha asignatura. Son alumnos con un desempeño académico promedio bueno.

La tarea consistió en la realización de un problema de electrostatica (ver Fig. 1) en el que, para su resolución, el concepto central es el de Campo Eléctrico. Se incentivó a los estudiantes a discutir y analizar las respuestas que iban dando mientras resolvían el problema. La intervención del entrevistador (al cual nos referiremos en los diálogos como E) se limitó a mantener y a orientar las discusiones cuando consideraba que era necesario. La entrevista se registró en formato audio-visual.



Problema 1

Una esfera sólida conductora descargada posee en su interior una cavidad concéntrica (también esférica).

- a) ¿Tiene alguna influencia el conductor sobre el campo eléctrico exterior a él generado por una carga puntual $+Q$ ubicada en el centro de su cavidad?
- b) Si la carga puntual ubicada en la cavidad no se encontrara justo en el centro de la misma ¿cuáles serían las respuestas del punto anterior?

Fig. 1. El problema utilizado.

Para poder contestar las preguntas que se hacen en el problema, los estudiantes deben entender primero cómo se distribuyen las cargas tanto en la superficie interior de la esfera como en la superficie exterior de la misma. Cuestión que les dificultó el camino en la búsqueda de una respuesta, puesto que no lograban convencerse de cómo era efectivamente esa distribución. Tal camino de búsqueda ha dado lugar a una valiosa fuente de información para poder entender sus razonamientos desde una perspectiva epistémica.

Resultados y Análisis

Los estudiantes no mostraron inconvenientes para explicar lo que sucede en la parte (a) del problema. El punto (b) provocó varias discusiones y les llevó mucho más tiempo para arribar a una conclusión que consideraran satisfactoria. En este segmento de la entrevista pudimos observar la existencia de una sofisticación epistémica incipiente. Por estos motivos, hemos



descrito en detalle dos de los episodios (secciones de entrevista) correspondientes a esta parte, en los cuales encontramos un mayor despliegue de riqueza epistémica por parte de los estudiantes.

Episodio 1: Aparecen los recursos epistémicos de *invocar a la autoridad* y el de *mapeo físico*, y se vislumbran los primeros signos de una sofisticación epistémica incipiente.

En este momento de la entrevista hay un desacuerdo entre los estudiantes. S piensa que las redistribuciones de cargas que se producen tanto en la pared interior de la esfera como en la exterior son ambas inhomogéneas y de signo contrario. Por otro lado, M acuerda en lo que respecta a la redistribución de cargas de la pared interior, pero considera que en la exterior ésta es homogénea. Mientras tanto A, que duda de esas ideas, les recuerda a sus compañeros lo que se había dicho en clase y trae luego un ejemplo de una situación similar para apoyar su reflexión (la cual también había sido trabajada previamente en clase).

El ejemplo que trae A consiste en un cascarón esférico conductor cargado uniformemente, en el cual las cargas se encuentran distribuidas homogéneamente sobre la superficie. Traza una superficie gaussiana esférica adentro del cascarón para la cual dice, que el campo eléctrico en su interior es cero puesto que no encierra ninguna carga. Luego dibuja un punto descentrado en el interior del cascarón. Explica entonces que las fuerzas que ejercerían las cargas del cascarón que se encuentran más cerca del punto son más intensas puesto que están más cerca pero son pocas. Por otro lado, las que se encuentran más lejos del punto ejercerían fuerzas menos intensas porque están



más lejos, pero se compensarían porque son muchas más. Con este razonamiento llega a que la suma total de las fuerzas ejercidas por las cargas del cascarón sobre el punto sería cero. Inmediatamente A y M llevan este razonamiento al problema que están tratando de resolver y acuerdan en que la distribución de cargas en el interior de la esfera también es homogénea.

A: *Entonces si el campo es adentro cero, afuera si hay cargas tendrían que estar normalmente distribuidas.*

//

A: *Si, ¿pero se acuerdan de una cosa?, ¿se acuerdan que por ejemplo si vos tenías un conductor, ehh todo bien cargado uniformemente o sea todo lindo, se acuerdan que este conductor no generaba un campo adentro, o sea... no generaba un campo adentro?*

//

A: *Claro, o sea, ponele vos hacías la cosa, la superficie gaussiana acá (ver Fig. 2)...*

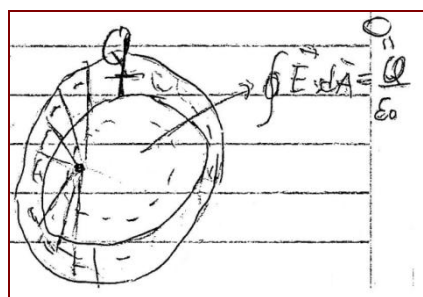


Fig. 2.

//

A: *el conductor, y acá adentro ¿se acuerdan que por la cosa esta teníamos que E por dA?*

//

A: Gauss. Bueno, que por esto, como esto es igual a cero, o sea porque esta es la carga acá adentro entonces el campo tiene que ser cero.

M: ¡¡Qué piola que está esa ley!! (risas)

A: ¡Sí! Bueno, en este caso, si acá el campo está cero, tiene que ser cero, bueno entonces para este punto (dibuja un punto descentrado en el interior de la cavidad, ver Fig. 3) el efecto que le hacen todas estas cargas (señala las que están más cerca, ver Fig. 3) tendría que ser el mismo efecto que le hacen todas estas cargas (señala las que están más lejos, ver Fig. 3), y eso se explicaba porque acá hay más cargas...

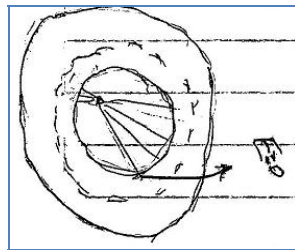


Fig. 3.

M: Pero están más alejadas, si las otras son, en parte, menos, pero están más cerca.

A: Claro, en ese caso (hace referencia al problema que están intentando resolver), da lo mismo que esté acá (corrida del centro) las cargas se tendrían que distribuir también normalmente.

M: Claro.

E: ¿Cómo es eso? ¿Sería homogénea la distribución adentro?



A: *Sí, en la superficie de adentro yo creo que sí.*

//

A: *Porque ponele acá las cargas que tendrían que contrarrestar la carga de adentro. Ponele, acá las que van a tirar para este lado o las que van a hacer un campo o no sé que para este lado...*

M: *Sí, como una fuerza...*

A: *Claro, de una... Van a ser todas las que estén acá. Y las que lo hagan para el otro lado van a ser todas estas que son muchas más pero están mucho más lejos (Repite el mismo razonamiento que antes poniendo ahora una carga puntual en el lugar a donde había colocado previamente al punto, ver Fig. 3)...*

M: *pero están más lejos... Claro, pero la expresión... ¿cómo es la expresión de una fuerza? Es q por el E , pero ¿pero el E cómo era? Q , q , k y r al cuadrado.*

A: *Sí, eso es para una carga puntual, pero bueno, sí.*

M: *Claro, sí, muchos puntos...*

A: *Sí.*

En este caso A está haciendo un cambio de enmarque, viene de *invocar a la autoridad* y como no logra convencerse recurre a un *mapeo físico* realizado a partir de un ejemplo visto en clase -al cual usaban para deducir geoméricamente que en cualquier punto en el interior del cascarón el campo eléctrico era cero. A está tratando de negociar ambos marcos, es decir, ambos recursos epistémicos (invocar a la autoridad y mapeo físico) se encuentran activados *al mismo tiempo* y él está tratando de relacionarlos. A muestra una sofisticación epistémica incipiente.

Episodio 2: Surgen dos mapeos físicos diferentes con la misma finalidad.

- *Primer mapeo.* Al parecer todavía no se convencen de las respuestas que han dado hasta el momento. Por lo tanto continúan tratando resolver el problema. M hace referencia a otro ejemplo con la intención de compararlo con el problema en cuestión. En el ejemplo que recuerda M tenían un conductor cargado formado por dos esferas conductoras de distinto radio unidas por un alambre. En ese caso había diferentes densidades de carga en las esferas. M infiere entonces que en la esfera del problema que están resolviendo también podrían tener distintas densidades de carga en ambas paredes -interior y exterior.

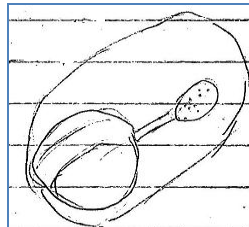


Fig. 4.

M: ...viendo en el teórico lo que pasaba cuando tenías dos conductores, uno más chico que el otro... por ejemplo así, unidos (ver Fig. 4), sería como un conductor entero, porque están unidos por un conductor y las esferas tendrían diferentes densidades de carga, entonces acá (esfera con carga descentrada) tranquilamente puede pasar eso (que las caras interna



y externa tengan diferentes densidades de carga), digamos puede pasar... Ahora porque no... no sé. Como que estoy dudando mucho.

- *Segundo mapeo.* Como al parecer perciben que aún no han resuelto el problema continúan con ello. Entonces A, menciona otro caso, de dos placas conductoras paralelas inicialmente unidas por dos alambres en sus extremos, y con una carga $+Q$ entre ellas (ver Fig. 5). Luego decide cortar esos alambres y analizar qué es lo que pasa. En ambas placas dice que se inducen cargas $-Q$. La analogía que A de alguna manera está tratando de hacer es la siguiente: una de las placas sería la superficie interior de la esfera, los alambres serían el interior del conductor y la otra placa sería la superficie exterior de la esfera. Al decidir cortar los alambres pierde todo el interior del conductor. Lo cual no les ayuda demasiado. Este ejemplo de alguna manera apoya la idea de que las densidades de cargas pueden ser inhomogéneas dependiendo de la posición de la carga de prueba.

A: *A ver... ponele... si tenés dos cosas así... si tenés la carga acá... (Ver Fig. 5) supongo que acá va a inducir más carga que acá. ¿O no? (Coloca primero la carga puntual más cerca de una de las placas y dice, que en una placa se va a inducir más carga que en la otra por encontrarse ésta más cerca de la carga puntual).*

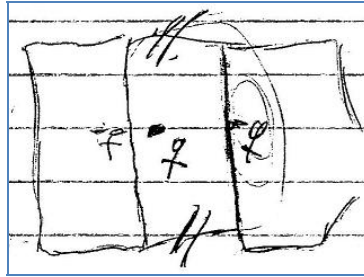


Fig. 5.

M: ¿Y ahora si le ponés un alambre acá?

E: ¿Son dos placas conductoras?

A: Sí, claro, pero... ahhh claro, con el alambre sería... pero ponele que los cortáramos a los alambres, si pongo una carga q , no importa la distancia que esté de ambos lados (placas paralelas) aparecería la misma carga (inducida)... O sea... en principio se me ocurriría que acá (en cada una de las placas) sería una carga $-q$ que no se cómo va a estar distribuida...

M: ¿Superficial?

A: Si claro, y acá (en ambas placas) una carga $-Q$ también despreciando... aunque quizás esté diciendo acá alguna burrada...

E: Pero ahí los tenés desconectados, es como si hubieras cortado la esfera en dos partes y las tenés separadas...

A: Sí, claro... pero igual es medio raro... como que hay mucha carga negativa y poca positiva... o no sé... (risas).

M: No porque este es como que en total la carga... digamos se distribuye de tal manera que la carga es... ¿cómo se llama? Digamos, el área por la densidad de carga... no,



densidad no, no sé. Ah, bueno, por la densidad de área superficial te dé Q ...

A: Mhm

M: Son como muchos diferenciales $-Q$, cosa de que por el área se te forme el área $-Q$ y cuando agarre una superficie, que se yo, cúbica, ¿Cúbica? No, no puede ser... la gaussiana. La carga encerrada te da cero...

A: Si.

M: No sé.

A: Igual no me gusta ese ejemplo porque es como que... si te fijas hay más carga negativa que positiva...

S: Si.

A: Todo es $-Q$.

Este último *mapeo físico* cumple la misma función del que realizó previamente M (primer mapeo). Ambos sirven como contraposición a la idea de que exista una distribución homogénea en las dos caras de la esfera. Al parecer A tiene en conflicto su juicio, es decir, ya no está tan convencido de que la distribución sea homogénea adentro y afuera como mencionó anteriormente. Si bien estos dos mapeos no ayudan en la resolución de problema, constituyen una evidencia sobre la riqueza de los recursos epistémicos que poseen los estudiantes para esta tarea. Esta riqueza de recursos es una clara componente de experticia.

En el siguiente cuadro se muestran dos ejemplos que reflejan cómo se interpretaron los datos en función del marco teórico empleado.



| Enmarque o recurso epistémico | Clase de argumento usado | Cita |
|-------------------------------|---|--|
| Invocar la autoridad (A) | Citar al profesor de la materia. | <i>Porque creo que los conductores <u>tenían que estar con una carga distribuida uniformemente.</u> // Pero para que este uniformemente... o sea... creo que <u>el porqué de eso era porque si había más cargas en un punto iba a haber como movimiento de cargas.</u></i> |
| Mapeo físico (A) | Explicación a partir de un diagrama. Gestos demostrativos. Razonamiento encadenado. | <i>Sí, pero se acuerdan de una cosa, se acuerdan que por ejemplo si vos tenías un conductor, ehh todo bien cargado uniformemente o sea todo lindo, se acuerdan que este conductor no generaba un campo adentro, o sea... no generaba un campo adentro?// Si! Bueno, en este caso, si acá el campo está cero, tiene que ser cero, bueno entonces para este punto el efecto que le hacen todas estas cargas (señala las que estar más cerca) tendría que ser el mismo efecto que le hacen todas estas cargas (señala las que están más lejos), y eso se explicaba porque acá hay más cargas...</i> |

Tabla 2. Ejemplos de la forma de interpretación de los datos.

Consideraciones Finales

Los resultados presentados evidencian la existencia de una sofisticación epistémica incipiente, en particular, en dos de los estudiantes (M y A). La capacidad de recurrir a diferentes recursos epistémicos según la necesidad de ello es lo que denominamos flexibilidad epistémica, y que corresponde al grado más bajo de sofisticación epistémica. Como mencionamos antes, esto es una clara componente de experticia, la cual no va necesariamente de la mano con la obtención de un resultado correcto sino con la disponibilidad y la activación de diversos recursos epistémicos que resultan productivos para la actividad que se encuentran realizando (Elby y Hammer, 2001 y 2002).



Consideramos, coincidiendo con Coffey *et. al* (2011), que sería importante que el profesor de Ciencias tuviera más en cuenta la "sustancia" del pensamiento del estudiante más allá de la obtención del resultado correcto. La sustancia de ese pensamiento abarca, tal como lo mencionan Hutchinson y Hammer (2009), una evidencia de cómo los estudiantes usan el conocimiento, cómo elaboran explicaciones, cómo desarrollan conexiones entre los conceptos y el fenómeno natural, qué lenguaje eligen usar y cómo lo usan, etc. En general, no se tienen en cuenta todos estos aspectos (los cuales creemos que son fundamentales en el proceso de aprendizaje) sino el sólo hecho de que si las respuestas que dan son correctas o no lo son.

Esta es tan solo la primera entrevista, de un total de tres realizadas a los mismos estudiantes y con el mismo problema. Si bien pudimos detectar una sofisticación epistémica de grado bajo, en las entrevistas siguientes puede observarse que esa sofisticación cambia (podría decirse que de alguna manera "evoluciona"). En éstas aparece una negociación entre los recursos epistémicos usados, y cambios de enmarques. Esto constituye una muestra de que los estudiantes se estarían acercando cada vez más a la experticia. Tales resultados se mostrarán en publicaciones posteriores.



Referencias Bibliográficas

- Bing, T & Redish, E. (2009). Analyzing solving using math in physics: Epistemological framing via warrants. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*. 5 (2), 020108.
- Bing, T & Redish, E. (2012). Epistemic complexity and the journeyman-expert transition. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*. 8 (1), 010105.
- Campanario, J. & Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades en el aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), pp. 154-169.
- Coffey, J.; Hammer, D.; Levin, D. & Grant, T. (2011). The Missing Disciplinary Substance of Formative Assessment. *Journal of Research in Science Teaching*. 48 (10), pp. 1109-1136.
- Coleoni, E. & Buteler, L. (2012). La flexibilidad epistémica en alumnos secundarios: su potencialidad para el aprendizaje de la física. *Memorias del SIEF XI*. Esquel, Argentina. Octubre. ISBN 978-987-1937-12-7. Pp. 233-244.
- diSessa, A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10 (2 y 3), pp. 105-225.
- Elby, A & Hammer, D. (2001). On the substance of a sophisticated epistemology. *Science Education*. 85 (5), pp. 554-567.
- Elby, A. & Hammer, D. (2002). On the form of a personal epistemology. En Hofer, B. K. & Printrich, P. R. (Eds.) *Personal Epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Pp. 169-190. Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Guridi V. (1999). ¿Puede vincularse la comprensión conceptual en Física con el perfil epistemológico de un estudiante? *Tesis de Maestría en Epistemología y Metodología de la Ciencia*, Universidad Nacional de Mar del Plata (Argentina).
- Hutchinson, P. & Hammer, D. (2009). Attending to student epistemological framing in a science classroom. *Science Education*. 94 (3), pp. 506-524.
- McComas, W. (2000). *The nature of science in science education. Rationales and strategies*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Redish, E. (2004). A theoretical framework for physics education research: Modeling student thinking. In Redish, E. &



Vicentini, M. (Eds.), *Proceedings of the Enrico Fermi Summer School, Course CLVI*. Bologna: Italian Physical Society.

Resnick, R.; Halliday, D. y Krane, K. (1993). *Física*. Vol. 2. Cuarta edición. México: Compañía Editorial Continental S. A.

Salinas, J.; Gil, D. & Cudmani, L. (1995). La elaboración de estrategias educativas acordes con un modo científico de tratar las cuestiones. *Memorias de la Novena Reunión Nacional de Educación en Física*, Salta, Argentina, pp. 336-348.

Sandoval, W.A. (2005). Understanding Students' Practical Epistemologies and their Influence on Learning Through Inquiry. *Science Education*, 89(4), pp. 634-656.

Serway, R. (1997). *Física*. Tomo II. Cuarta edición. México: McGraw-Hill.

Staphoupoulou, Ch. & Vosniadou, S. (2007). Exploring the Relationship between Physics Related Epistemological Beliefs and Physics Understanding. *Journal of Educational Psychology*. En: www.cs.phs.uoa.gr/en/staff/vosniadou.html.

Wainmaier, C. (2003). Incomprensiones en el aprendizaje de la mecánica Clásica Básica. *Tesis de Maestría en Enseñanza de las Ciencias*. Fac. Cs. Exactas y Tecnología. Tucumán.

Wainmaier, C., Speltini, C. y Salinas, J. (2011). Conceptos y relaciones entre conceptos de la mecánica newtoniana en estudiantes que ingresan a la universidad. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10(1) pp. 133-152.



Un Aporte para el Profesorado: La Importancia de la Medición en la Física y en su Enseñanza

Chade Vergara, Pablo Oscar

Departamento de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Chilecito.

pablochade@hotmail.com

Resumen

El presente trabajo es un aporte para los profesores de Física y los alumnos de profesorado de Física, que serán los profesores del mañana, y trata sobre la importancia de las mediciones de las magnitudes que intervienen en cada fenómeno físico, introduciendo cuestiones metodológicas, didácticas, epistemológicas y de la historia de la Física.

Palabras Clave: Medición; Operacionalismo; Enseñanza de la Física; Didáctica de la Física.



Introducción

Para describir las leyes que gobiernan la Naturaleza, los científicos deben llevar a cabo mediciones de las magnitudes relacionadas con los fenómenos que estudian. Por ello, la Física suele ser denominada como la ciencia de la medición.

William Thomson más conocido como Lord Kelvin, recalcó la importancia de las mediciones en el estudio de las ciencias escribiendo: *"Cuando puedas medir aquello de lo que estás hablando y expresarlo en números, sabes algo de ello"* (Tipler, 1989).

Estas palabras ponen de manifiesto la gran importancia de las mediciones en el campo de la Física. Esta postura es compartida con la mayoría de los autores de libros de texto de nivel universitario como, por ejemplo, Raymond Serway: *"Como todas las ciencias, la Física parte de observaciones experimentales y mediciones cuantitativas"* (Serway y Jewett, 1998), o Alonso y Finn: *"Una observación científica por lo general está incompleta si no se expresa de manera cuantitativa, así que para obtener tal información debe hacerse la medición de una cantidad física"* (Alonso y Finn, 1995).

Nuestra hipótesis primaria es que introduciendo la medición en las clases de Física en todos los niveles educativos, mediante experiencias de laboratorio, lograremos que nuestros estudiantes obtengan un aprendizaje significativo ya que serán protagonistas principales del proceso, se los pondrá en contacto con los métodos de la Ciencia y se los colocará ante situaciones problemáticas que, en algún momento, han sido o son de su interés. De esta forma, se desarrollará en el alumno su creatividad y su espíritu crítico.



Metodología

La metodología empleada consiste en una investigación exploratoria acerca de la importancia de la medición en la Ciencia Física y en su enseñanza. Servirá entonces, para proporcionar a los profesores de Física conceptos y metodologías, introduciendo, además, cuestiones epistemológicas y de la historia de la Física que podrán ser transferidas al aula.

Marco Teórico

La importancia dada a las mediciones en la Ciencia Física llega a su coronación cuando Bridgman, en 1927, escribió que *"el concepto es sinónimo con el correspondiente conjunto de operaciones que sirven para medirlo"* (Bridgman, 1976). Nació de esta forma la corriente epistemológica denominada *Operacionalismo* y, aunque aparentemente la idea de Bridgman ya desempeñaba un papel central en el pensamiento de los científicos desde antes de 1920, no fue sino hasta 1927, con la publicación de su famoso libro, que se transformó en un programa explícito y en una postura filosófica definida dentro de la Ciencia. El Operacionalismo sostiene que: *"Un término teórico es legítimo sí y sólo sí es posible definirlo explícitamente, en forma contextual eliminable o de manera operacional a partir del sólo uso de términos empíricos"* (Bridgman, 1976).

Las ideas de Bridgman fueron influenciadas por científicos y filósofos de la talla de Mach o Poincaré, pero sobre todo por Einstein; de hecho, Bridgman señaló que él solamente estaba haciendo explícito lo que ya estaba implícito en los trabajos de los científicos mencionados. Pero la verdad es que estaba haciendo mucho más que eso; Bridgman estaba



desarrollando un nuevo sistema filosófico y metodológico, íntimamente relacionado con el empirismo, el positivismo lógico y el pragmatismo, aunque con ciertas facetas novedosas que permiten distinguirlo como una filosofía diferente.

Bridgman nos dice que hay que hacer lo que hizo Einstein (que Einstein haya hecho realmente tal cosa resulta discutible), esto es, reducir el significado de los conceptos científicos a una operación empírica o a un conjunto de operaciones. En palabras del propio Bridgman: *"¿Qué entendemos por la longitud de un objeto? Evidentemente, sólo sabemos lo que entendemos por longitud si podemos precisar cuál es la longitud de un objeto cualquiera; y para el físico esto es todo lo que se requiere... El concepto de longitud se establece, por ende, cuando se determinan las operaciones mediante las cuales la longitud es medida. Esto es, el concepto de longitud no implica otra cosa que el conjunto de operaciones por las cuales está determinada"* (Bridgman, 1976).

Como hemos mencionado, Bridgman propone su Operacionalismo basado, según él, en un análisis de cierto aporte que Einstein habría realizado en 1905, aunque éste en ningún momento enfatizó o inclusive concientizó este concepto. No nos estamos refiriendo al contenido de su famosa Teoría Especial de la Relatividad, sino a la significación epistemológica y filosófica de la forma de construcción de los nuevos conceptos de longitud, tiempo y simultaneidad. Según algunos filósofos, Bridgman confunde lo que Einstein y todos sus comentaristas posteriores, quisieron expresar. Estos focalizaron su atención, principalmente en el proceso fáctico de la medición de los nuevos conceptos y no en el significado epistémico de lo novedoso del proceso para construirlos. Cuando Bridgman, para facilitar la explicación, a manera de ejemplo, traslada su propuesta al análisis de las formas cotidianas de medir la longitud, confunde



de manera radical a estos filósofos que, de esta manera, se convierten en sus más acérrimos críticos, ya que el autor sólo describe, de manera sincrónica y aparentemente ingenua, las operaciones finales del proceso de medición.

Resumiendo: según el Operacionalismo los conceptos resultan sinónimos de las operaciones correspondientes de las que derivan. Consecuentemente, las únicas proposiciones que están definidas dentro del universo de discurso de la Ciencia Natural son las que tienen significación operacional o sea, aquellas susceptibles de contrastación. Automáticamente, todo otro concepto, se diga falso o verdadero, necesario o trascendente, se excluye. No se niega: simplemente no queda definido.

Por ejemplo, en Física, la noción de espacio y tiempo absolutos introducida por Newton o la del éter introducida por Faraday, Maxwell, Hertz y otros, por la preconcepción causalista que impedía dar cuenta sin ella de los fenómenos electrodinámicos de acción a distancia, era de hecho imposible tanto de refutarse como de verificarse, pues por definición, no había operación realizable alguna que permitiera observarlo. El concepto fue abandonado y el problema de la acción a distancia, en el caso del éter, dejó de serlo.

El Operacionalismo es la pretensión de que el significado de un concepto sea definido por un conjunto de operaciones:

- El significado operacional de un término (palabra o símbolo) está dado por una regla semántica que relaciona el término con algún proceso concreto, objeto y/o evento o con una clase de tales procesos, objetos y/o eventos.



- Las oraciones formuladas mediante la combinación en proposiciones de términos definidos operacionalmente, son operacionalmente significativas cuando las aseveraciones resultan contrastables por medio de operaciones susceptibles de ejecución. De esta manera, con reglas operacionales, los términos tienen una significación semántica y las proposiciones una significación empírica.

Aunque el Operacionalismo y las definiciones que de él se desprenden, denominadas operacionales, fueron rápidamente criticadas por importantes filósofos como Russell y Lindsay, lo expuesto da una idea de la tremenda importancia que esta corriente da a la medición.

Sabemos bien que medir es la operación que consiste en comparar una magnitud con una cantidad fija de la misma magnitud, cantidad que se toma como unidad. Medir, es, entonces, básicamente, comparar. Podemos definir operativamente la medición como la técnica que se utiliza para determinar el valor numérico de una propiedad física comparándola con una cantidad patrón que se ha adoptado como unidad. Es decir, medir implica realizar un experimento de cuantificación, normalmente con un instrumento especial como un reloj, una balanza, un termómetro, etc. Cuando se consigue que la cuantificación sea objetiva, es decir, que no dependa del observador y todos coincidan en la medida, se llama magnitud física (tiempos, longitudes, masas, temperaturas, aceleraciones, energías).

Para poder medir es necesario observar las entidades a medir. Pero, ¿cuál es el límite entre lo observable y lo no observable? Supongamos que usted puede ver un objeto



pequeño. Pero en un afán detallista utiliza una lupa para ver mejor los detalles que escapan a sus ojos. Se puede argüir que lo que se está viendo, en realidad, es una imagen ampliada del objeto y no el objeto en sí. No obstante, también podemos afirmar que el cristalino del ojo funciona como una lupa y, entonces, caemos en el peligroso riesgo de concluir que nada es observable. Pero también podemos aceptar que la imagen ampliada es algo observable, ya que, en definitiva, nos está diciendo cómo es el objeto a través de un instrumento comparable al cristalino de nuestros ojos. Así podríamos utilizar instrumentos cada vez más sofisticados (microscopios electrónicos, cámaras de niebla, etc) y concluir que, prácticamente, todo es observable (Boido y otros, 1996).

Rudolf Carnap planteó convencionalmente el límite entre lo observable y lo no observable, definiendo a lo observable como aquello que puede ser detectado en forma directa mediante los sentidos, como los objetos ordinarios y sus propiedades. Asimismo entran en esta clasificación las magnitudes que son medibles mediante procedimientos sencillos y directos. Resulta obvio que este límite puede depender del contexto de la observación.

Por lo expuesto, la técnica de medición deberá ser diseñada de modo que la perturbación de la cantidad medida sea menor que el error experimental. Esto es casi siempre posible cuando medimos magnitudes macroscópicas, o sea, en cuerpos compuestos por un gran número de moléculas o de materia. En estos casos, se deberá usar un dispositivo de medición que produzca una perturbación menor, en varios órdenes de magnitud, que la cantidad por medir. En otros casos, es posible estimar la cantidad de perturbación y corregir el valor medido.

Pero cuando medimos propiedades microscópicas o atómicas, como por ejemplo, el movimiento de un electrón, la



situación es muy diferente y se complica bastante. Nótese que, en este caso, no podemos medir con un dispositivo que produzca una interacción menor que la magnitud que se va a medir, sencillamente porque no disponemos de uno tan pequeño. La perturbación que introduce el dispositivo de medición es, al menos, del mismo orden de magnitud que el valor numérico de la magnitud por medir y puede que no sea posible estimarla o tomarla en cuenta.

Siguiendo la idea del Operacionalismo, en Física es importante, hasta casi indispensable, que las definiciones de las cantidades físicas estén operacionalizadas, esto es, que la definición debe indicar, explícita o implícitamente, cómo medir la magnitud. Esta operación puede ser directa o efectuarse midiendo otras magnitudes con las que está relacionada. Por ejemplo, si definimos a la velocidad como la rapidez con la que un cuerpo cambia su posición, esta no es una definición operacional. Pero si definimos a la velocidad como el cociente entre la distancia recorrida y el tiempo empleado para recorrerla, sí lo es, ya que esta definición implica medir una distancia y un tiempo y dividirlos con el fin de calcular la velocidad.

En definitiva, en Física trabajamos con medidas, pero los resultados de las medidas rara vez se corresponden con los valores reales de las magnitudes a medir. Casi siempre, en mayor o menor extensión, están afectados de error. Este límite en la precisión de una medida cualquiera depende del dispositivo utilizado para medir, de la habilidad del experimentador o incluso a las propias características del proceso de medida.

Sin entrar en detalles sobre la Teoría de Errores, podemos afirmar que la determinación de la precisión de una medida es tan importante como la medida misma y cada experimentador debería dar el resultado de su medida y una



estimación de su precisión. Matemáticamente esto puede expresarse como:

$$x = v_m \pm e$$

donde x es el resultado de la medición efectuada, v_m es la cantidad medida y e es la incertidumbre, la incerteza o el error cometido en el proceso de medición. Esta expresión nos está indicando que el valor de la magnitud medida v_m se encuentra en el intervalo de números reales comprendido entre $v_m - e$ y $v_m + e$.

Cabe acotar acá que la incerteza es intrínseca a la medida; puede ser disminuida pero nunca anulada y que para efectuar una medición es necesario elegir una unidad para cada magnitud. Es muy importante, aunque no imprescindible, que las unidades sean universales en el sentido de que su valor sea independiente de la posible variación de otras magnitudes externas. Cuanto más universales son las unidades, más sencillas son las relaciones entre ellas en los modelos matemáticos que describen el comportamiento observado de la Naturaleza, las llamadas *Leyes de la Física*.

Demostrada la importancia de la medición en la Física, podemos plantearnos ahora acerca de la importancia de la medición en la Enseñanza de la Física.

Es de destacar que en los últimos años y debido a los profundos y rápidos cambios que se están produciendo en la forma de pensar y actuar del hombre en las diferentes latitudes del planeta, numerosos didactas y pedagogos han centrado su atención en la búsqueda e implementación de tendencias de enseñanzas cada vez más eficientes. Se ha empezado a tener en cuenta, que la construcción de conocimientos científicos tiene notable valor y es preciso, plantean, prestarle una atención



explícita (Gil, Carrascosa, Furió, Martínez Torregrosa, 1991; González, 1992; Gil, 1994; Hodson, 1994; Lillo, 1994).

La propuesta de una actividad práctica por vía de la actividad científico- investigativa en la enseñanza de la Física, como la realización de experimentos en laboratorio que incluyen, necesariamente, mediciones, adquiere significado por producir un efecto motivador en la enseñanza de los métodos de la Ciencia. Estos experimentos hacen que los alumnos participen en investigaciones personales con un nivel adecuado a su conocimiento, de modo que ante el problema planteado, el alumno quede "atrapado" y se implique de este modo en la adquisición del conocimiento.

Para enseñar a los estudiantes a aprender Física, es necesario enseñar desde los métodos y procedimientos que utiliza la Ciencia en su labor investigativa, de modo que el objetivo fundamental de la educación sea *"transmitirle a las nuevas generaciones la experiencia histórico social acumulada, los componentes espirituales de la cultura de la sociedad, entiéndase: conocimientos, experiencia en la realización de acciones, actitudes y normas de relación hacia el medio y las personas"* (Danilov, 1980), y además que *"la aproximación del aprendizaje de las ciencias como actividad científico investigativa, al menos en lo que se refiere a algunos elementos esenciales, aparece en nuestros días como una de las tendencias innovadoras más prometedoras para encarar la doble problemática: las dificultades en la enseñanza, y la necesidad de relacionar a los estudiantes con métodos y formas de trabajo actualmente utilizados en la actividad científica"* (Valdés Castro y Valdés Castro, 1999).

Esta orientación ayudará a los estudiantes a jugar una papel más participativo en la re-construcción de los conocimientos que se le transmiten ya elaborados por parte del



profesor (ciencia enseñada–ciencia aprendida), posibilitando la introducción de nexos entre la teoría y la práctica y desarrollando, en definitiva, un acercamiento a los métodos de la investigación científica permitiendo un pensamiento abundante en teoría con su correspondiente aplicación a lo empírico, que sea flexible y reflexivo.

El papel sociocultural que encierra la actividad científica, no puede quedar al margen de las realidades de la enseñanza científica en los sistemas educativos, ya que, estos sistemas, en cumplimiento de su función rectora, deben transmitirle a las nuevas generaciones una imagen actualizada de la ciencia y de la tecnología como procesos sociales. Como expresan Valdés Castro y Valdés Castro: *"la actividad científica, ha empezado a facilitar la comprensión de que la actividad científica es, ante todo, una actividad sociocultural, grandemente influenciada por factores económicos, sociales e ideológicos, y que por tanto, junto a los conocimientos y habilidades, igualmente forman parte de ella"* (Valdés Castro y Valdés Castro, 1999).

La mayoría, por no decir todos, los autores coinciden en que los trabajos prácticos de laboratorio son herramientas útiles para el aprendizaje significativo. Y esto es así, porque su introducción en la enseñanza de la Física permite que los estudiantes desarrollen habilidades prácticas a la vez que estimula la formación de conceptos con una base científica y *"el empleo de procedimientos y métodos activos, destinados a la reformulación, la reconstrucción, el cambio del sistema conceptual y metodológico de esos conceptos y habilidades, así como, la formación de actitudes y valores"* (Núñez, (1999).

El hecho de que las prácticas de laboratorio pueden conformar situaciones conducentes a contradicciones en el conocimiento de los estudiantes (obstáculos epistemológicos),



permite producir un cambio en los niveles de partida del aprendizaje (ruptura epistemológica). Las contradicciones son la fuente del desarrollo y deben ser explotadas en todo proceso de la Ciencia. Esto favorece la búsqueda de soluciones por parte de los alumnos y los vincula con un contenido que responde a los problemas de la Ciencia y además favorece la comprensión de su entorno, no solamente para que lo conozca sino para que también sepa hacer.

Por otra parte debemos tener en cuenta que uno de los propósitos fundamentales de la enseñanza científico-investigativa es acercar a los estudiantes a los métodos de la Ciencia, Por ello es importante no sólo que el resultado de la investigación sea verdadero, sino también que para la elección de vía escogida para llegar a él y para cumplir este principio metodológico, haya que adentrarse en los métodos de la Ciencia y, en ellos, encontrar la información y completar los conocimientos, desarrollar la búsqueda científica de forma creadora, saber analizar y sintetizar los hechos, etc. En este aspecto, volvemos a insistir con la importancia de la Historia de la Ciencia ya que, al encontrar en los mismos problemas que se plantean en el experimento los problemas que se plantearon en la Ciencia desde su historia y conocer cómo fueron resueltos, puede llegar a constituir una vía fundamental para introducir nuevos conceptos a partir del interés que despierten en los estudiantes.

Respecto al método científico a seguir por los alumnos, los autores anteriormente citados (Valdés Castro y Valdés Castro, 1999), proponen el siguiente:

- a) Diagnóstico inicial de los conocimientos y habilidades de los estudiantes para enfrentar la actividad práctica.
- b) Formulación de hipótesis o preguntas científicas a partir de un sistema de situaciones problemáticas.



- c) Diseño de los procedimientos para el montaje y realización de los experimentos.
- d) Procesamiento de los resultados del experimento y búsqueda de regularidades.
- e) Interpretación de los resultados experimentales vinculados con las hipótesis o preguntas científicas planteadas.
- f) Vinculación práctica social.

Estos pasos fundamentales abordados del método experimental constituyen una unidad dialéctica y contienen dificultades cognitivas, las cuales pueden ser solucionadas por los alumnos de manera independiente, consciente y creadora. La aplicación del método experimental ha de verse como una forma superior de la actividad experimental que constituye el soporte experimental para desarrollar la actividad científico-investigativa.

Por último, enumeraremos algunas características fundamentales de lo expuesto, para no caer en reduccionismos ni facilismos que, generalmente se producen al abordar este tema:

- Se parte de la propuesta de organizar el aprendizaje de los alumnos como construcción del conocimiento respondiendo a una investigación dirigida en dominios perfectamente conocidos por el profesor.
- *"No se trata de engañar a los estudiantes haciéndoles creer que el conocimiento se construye con la aparente facilidad con que ellos lo adquieren, sino de colocarlos en una situación por la que los científicos habitualmente lo hacen en busca de la solución de los problemas o del nuevo conocimiento y acercarlos así con lo que es el trabajo de la ciencia"* (Hodson, 1985).



- El trabajo, además de lo experimental, debe integrar muchos otros aspectos de la actividad científica igualmente esenciales. Por ejemplo, trabajo en grupo, nivel de participación, creatividad, carácter social de la actividad científica, etc.
- El sistema de actividades debe ser capaz de estimular y orientar adecuadamente a los alumnos, por lo que debe poseer algunas condiciones, entre ellas:
 - *"Concebir el sistema de actividades como respuesta a determinadas preguntas, a una problemática de interés cuyo estudio se va a realizar"* (Gil Pérez y Valdés Castro, 1996).
 - Poseer una sólida lógica interna, significado lógico en el que cada nueva tarea se relacione estrechamente con las anteriores, que constituya una ampliación o profundización del estudio que se está realizando.
 - Tener un nivel de dificultad adecuado, correspondiente a la zona de desarrollo próximo de los estudiantes, y tomar en cuenta la experiencia que ellos poseen (sus conocimientos previos, habilidades, intereses, etc.).
 - *"Ser formuladas en contextos actualizados, que sean significativas, de interés para los estudiantes, que posea sentido"* (Leontiev, 1981).
 - *"Debe ser un sistema abierto a posibles ajustes y modificaciones en dependencia de la marcha del proceso de enseñanza aprendizaje y de los resultados obtenidos"* (Gil Pérez y Valdés Castro, 1996).



- *"Favorecer un elevado nivel de generalización de los contenidos e independencia intelectual de los estudiantes durante la realización de las actividades"* (Rubinstein, 1966).

Conclusiones

La medición, introducida en las experiencias de laboratorio, coloca al alumno en contacto con los métodos de la Ciencia y facilita el hecho de que sea protagonista de su propio aprendizaje de modo que éste se construya de forma significativa, estableciendo mecanismos para que el alumno supere sus obstáculos epistemológicos iniciales.

A su vez, este tipo de prácticas contribuye a la socialización de los aspectos y esquemas que poseen los estudiantes, logrando que pierdan el temor por el estudio de la Ciencia ya que se los coloca ante situaciones que, en determinado momento, han sido o son de su interés. De esta forma, se logran altos niveles de motivación, dado que se facilitan situaciones interesantes con su entorno, lo que demuestra la aplicación útil del estudio de la Ciencia.

Podemos agregar, además, que se desarrolla en el alumno un mayor interés por la búsqueda libre y creativa, un grupo de capacidades y habilidades, un espíritu crítico, a la vez que garantiza al docente el actuar como coordinador y facilitador del aprendizaje, realizando tareas decisivas que ayudan a que el alumno pueda comprender mejor la importancia de la Ciencia.



Bibliografía

- Alonso, M. y E. Finn (1995). *Física*. California: Editorial Addison-Wesley Iberoamericana.
- Boido, G.; Flichman, E. y J. Yagüe. (1996). *Pensamiento Científico, Vol 1*. Argentina: CONICET, M.C.E.N.
- Bridgman, P. (1976). *La lógica de la física moderna*. Buenos Aires: Ateneo.
- Danilov, M. (1980). *Didáctica de la Escuela Media*. La Habana: Editorial P y Educación.
- Gil Pérez D. y P. Valdés Castro (1996). La Orientación de las Prácticas de Laboratorio como Investigación: Un Ejemplo Ilustrativo. *Revista de Enseñanza de las Ciencias, Vol. 14*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Gil, D. (1994). Relaciones entre el Conocimiento Escolar y el Conocimiento Científico. Investigación en la Escuela. *Revista de Enseñanza de las Ciencias, Vol. 23*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C. y J. Martínez Torregrosa. (1991). *La Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona: ICE, Universitat Autònoma de Barcelona.
- González, E. (1992). ¿Qué hay que Renovar en los Trabajos Prácticos? *Revista de Enseñanza de las Ciencias, Vol 12*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Hodson, D (1985). Philosophy of Science and Science Education. *Magazine Studies in Science Education, Vol. 12*. Princeton: Princeton University Press.
- Hodson, D. (1994). Hacia un Enfoque más Crítico del Trabajo de Laboratorio. *Revista de Enseñanza de las Ciencias, Vol. 12*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Leontiev, A. (1981). *Actividad, Conciencia y Personalidad*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Lillo, J. (1994). Los Trabajos Prácticos de Ciencias Naturales como Actividad Reflexiva, Crítica y Creativa. *Revista Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales, Vol. 22*. Valencia: Universidad de Valencia.
- Núñez, V. (1999). *Pedagogía Social: cartas para navegar en el nuevo milenio*. Argentina: Editorial Santillana.



Rubinstein, J. (1996). *El Proceso del Pensamiento*. La Habana: Editorial Universitaria.

Serway, R. y J. Jewett (1998). *Física para Ciencias e Ingeniería, Vol. I*. Colombia: Editorial Mac Graw-Hill.

Tipler, P. (1989). *Física Preuniversitaria Volumen 1*. España: Editorial Reverté.

Valdés Castro, P. y R. Valdés Castro (1999). Características del Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Física en las Condiciones Contemporáneas, *Revista de Historia y Epistemología de las Ciencias*. Cuba: Editorial Educación Cubana.



Un Estudio sobre Libros de Física en el Contexto del Ciclo Inicial de Carreras de Grado en la Universidad Nacional del Litoral

*Giorgi, Silvia⁽¹⁾; Cámara, Cristina^(1,2);
Carreri, Ricardo⁽¹⁾ y Bonazzola, Maximiliano⁽¹⁾*

1: Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral

2: Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Litoral

sggiorgi@fiq.unl.edu.ar

Resumen

Se presenta un estudio sobre libros de texto (LT), en particular del área de Mecánica Básica, referenciados en los programas analíticos (PA) de cursos de Física que se dictan en las diversas carreras que se imparten en las distintas unidades académicas de la Universidad Nacional del Litoral. Se consideró, por un lado, el nivel matemático utilizado en los desarrollos de contenidos en los LT, y por otro, los conocimientos de Matemática que poseen los estudiantes al tomar dichos cursos y el tiempo dedicado al desarrollo de temas de Mecánica en los mismos. Se encontró que los PA de la asignatura Física de



algunas carreras referencian LT con un nivel de tratamiento matemático sobre los contenidos, no acorde al tiempo dedicado al desarrollo de los temas de Mecánica. Se infieren cuestionamientos acerca del logro de aprendizajes significativos por parte de los estudiantes y de la promoción de una actitud favorable hacia el estudio mediante LT en los mismos.

Palabras Clave: Libros de Texto; Física Mecánica; Ciclo Básico; Conocimientos de Matemática

1. Introducción

Este trabajo se enmarca en un proyecto de investigación subsidiado por la Universidad Nacional del Litoral (UNL) que plantea un estudio descriptivo del tratamiento que realizan diversos autores de los libros de Física, empleados en la enseñanza en el Ciclo Básico (CB) de las carreras de grado que se cursan en dicha universidad, de temas relacionados con la Mecánica Básica: dinámica y energía de la partícula y de sistemas de partículas, y aplicaciones de dichos temas como lo son el estudio de movimientos oscilatorios, del fenómeno de choque y de ondas mecánicas.

Se planteó investigar si el tratamiento que se presenta de dichos temas promueve en los estudiantes el aprendizaje significativo de los conceptos involucrados y de sus relaciones. Para ello se propuso indagar en libros de Física, por un lado, la coherencia conceptual del texto en el tratamiento de contenidos teóricos, y por otro, la compatibilidad del desarrollo de los problemas resueltos presentados con los modelos actuales de resolución de problemas derivados de la investigación educativa.



En este trabajo, se presentan resultados preliminares obtenidos mediante un relevamiento y análisis de los libros de Física que fueron referenciados en los Programas Analíticos (PA) de Física, aprobados por los CD de las Facultades donde se dictan cursos sobre dicha disciplina en la UNL. Dichos PA prescriben el desarrollo de temas de Mecánica de interés a las carreras dictadas. El análisis que se presenta se centró, por un lado, en el tiempo destinado al desarrollo de contenidos de Mecánica durante el cursado y en los conocimientos básicos de la disciplina Matemática requeridos para el abordaje de dichos contenidos y, por otro, en el nivel matemático con el que se desarrollan los temas en los LT recomendados.

A partir de optimizar recursos y complementar los esfuerzos para la enseñanza de las disciplinas afines, la UNL creó un Comité Académico que tiene por función el asesoramiento, el diseño y la implementación del Programa de Física-Ciclo Inicial, en el marco del Programa “Cursos de Acción para la Integración Curricular” –CapIC- cuyo propósito es mejorar la calidad de la enseñanza de la Física en el conjunto de las carreras de la UNL, a partir de la identificación de componentes comunes y de las necesidades de cada Unidad Académica (UA) y la lógica disciplinar y profesional propia de cada carrera (Res CS UNL N°: 328 y 592/2010).

En el marco de las actividades desarrolladas en CapIC se llevó a cabo un análisis exhaustivo de los PA de las asignaturas que desarrollan contenidos de Física en los CB de las carreras que se cursan en las Facultades de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Ingeniería en Ciencias Hídricas, Humanidades y Ciencias, Ingeniería Química, Ciencias Veterinarias y Ciencias Agrarias, y en las Escuelas Universitaria del Alimento y de Análisis de Alimentos, a fin de determinar el grado de compatibilidad que presentan entre sí en cuanto a



contenidos curriculares comunes, carga horaria y bibliografía, con el propósito de identificar las asignaturas posibles de homologar entre las mencionadas UA a los fines de favorecer la circulación de alumnos entre carreras, UA, y/o el reconocimiento de trayectos curriculares comunes.

A partir del análisis realizado por los integrantes del Comité de representantes de las distintas UA²², se detectaron dos situaciones bien diferenciadas en la UNL, por un lado, aquellas carreras en las que los contenidos de Física se desarrollan en uno o más cursos que suman de 90 a 150 horas, y por otro, carreras que contemplan el dictado de dos cursos de Física que suman entre 225 a 240 horas. Otra diferencia encontrada consistió en que algunos cursos están diseñados u organizados de modo que demandan en los estudiantes conocimientos matemáticos previos específicos tales como los de cálculo diferencial e integral al menos en una variable, otros cursos se implementan con conocimientos previos en matemática limitados que no involucran el cálculo diferencial e integral.

A pesar de las diferencias en carga horaria y en los conocimientos previos de matemática con los que cuentan los estudiantes para tomar dichos cursos en las diferentes carreras, se encontró que la bibliografía referenciada en los PA, en el campo de la Mecánica, no resultó, en algunos casos acorde, ni con las horas dedicadas al desarrollo de los temas de Mecánica mencionados, ni con los conocimientos previos de Matemática de los estudiantes. Este hecho, motivó en los docentes investigadores, la inquietud por profundizar la indagación en esta problemática.

²² Cabe señalar que la única UA que no estuvo representada fue la Facultad de Ciencias Veterinarias



2. Marco Teórico y Objetivos

Los libros de texto (LT) de ciencias resultan imprescindibles en educación y por lo tanto los docentes comprometidos con su labor deberían hacer una adecuada selección para orientar y favorecer en los estudiantes los procesos de aprendizaje. Hay cuestiones que en ocasiones superan la tarea docente y es la que refiere a la elaboración de los LT, sin embargo, es posible salvar dicha problemática analizando y escogiendo aquellos que reúnan las condiciones que requieran los diseños curriculares como también el contexto. Se sostiene que para lograr ese objetivo resulta necesario un trabajo de investigación sistemático de las características de los LT de Física desde el punto de vista didáctico.

La compleja trama de factores políticos, sociales, económicos, históricos y culturales de las dos últimas décadas repercutieron en la calidad de la educación argentina y agudizaron dos problemas fundamentales para el desarrollo estratégico del país: la disminución de las vocaciones científico-tecnológicas en los jóvenes y la deserción universitaria.

Según el Art. 8 de la Ley Educación Nacional N°: 26.206 (MEN, 2006), las principales acciones para mejorar la calidad Educación Superior apuntan al cumplimiento del rol del estudiante universitario en la sociedad. El alumno es el verdadero centro del sistema, el destinatario de la comunicación, toda la organización y orientación de la enseñanza se lleva a cabo en función del desarrollo deseado en él, todos los demás elementos son instrumentos y medios que se subordinan a contribuir positivamente a dicha producción.

El diagnóstico realizado por el entonces denominado Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación (MECyT, 2003) reconocía que uno de los principales problemas



que enfrentaban las universidades argentinas era la deserción, o abandono de los estudios universitarios.

Al respecto, cabe mencionar que además de la deserción se observa el fenómeno de desgranamiento, esto es, el retraso de los alumnos en el avance académico determinado fundamentalmente por la dificultad de aprobar materias o instancias correlativas, en el tiempo previsto por un plan de estudios. El desgranamiento puede ser causal o no de deserción, puede ser leve o profundo, pero en cualquiera de estos casos constituye en sí mismo un posicionamiento diferente del estudiante con respecto a quienes siguen el ritmo esperado, por cuanto modifica los lazos afectivos con los pares que avanzan en los plazos establecidos. El estudiante se convierte en alumno recursante o repitente con el consecuente cambio de compañeros, pudiendo sentir un estado de frustración y abandonar definitivamente la carrera (Antoni, 2003).

A pesar de que continúa siendo bajo el porcentaje de estudiantes universitarios que elige carreras de raíz científico-tecnológica, las sociedades latinoamericanas ven en la educación la principal herramienta de modernización económica, política y social; el mercado laboral vuelve a interesarse en dichas carreras, postergadas durante la década del 90.

El problema de la deserción está relacionado con múltiples factores, entre ellos, los perfiles socio-culturales de los alumnos (historia personal, condición de vida y posibilidad –pasada y presente– de acceder a bienes culturales), la formación de los recursos humanos responsables de enseñar, las dificultades asociadas al aprendizaje de determinados contenidos científico-tecnológicos y las estrategias didácticas desarrolladas, en un contexto social e institucional en permanente transformación con incidencia en los distintos niveles de decisión.



Formando parte de las estrategias didácticas se pueden mencionar a los materiales de estudio que se recomiendan a los estudiantes como apoyo para el cursado y promoción de los contenidos de las distintas asignaturas en el nivel universitario. Por ello, resulta inevitable que entre dichos materiales se encuentren los LT, los cuales constituyen no sólo una herramienta, sino una pieza fundamental en la instrucción.

Con relación a los materiales educativos, es de destacar que en la actualidad existe una gran cantidad de material disponible en la red, sin embargo, la calidad de los mismos no siempre está garantizada. Existe una diferencia crucial, que no es motivo de análisis en el presente trabajo, entre los LT y los contenidos de las páginas y sitios de Internet. Mientras que los primeros han cumplido ciertas normas de calidad antes de comercializarse, los segundos no reciben ningún tipo de monitoreo antes de formar parte de la World Wide Web (Bouciguez y Santos, 2010). El LT sigue siendo aún uno de los referentes más sólidos para aprender, considerándose una herramienta poderosa de uso generalizado en las clases de ciencias (Otero, 1990).

Por otro lado, se sostiene que tener en cuenta el tiempo asignado para abordar los contenidos de Mecánica Básica y las "competencias matemáticas" de los estudiantes, resulta decisivo en la selección de los materiales de apoyo que se proponen, si se busca diseñar una planificación de desarrollo de contenidos armónica y fundamentada. El nivel del tratamiento de las cuestiones teóricas, del análisis conceptual y de la formulación matemática de las relaciones y leyes de la Física depende fuertemente del tiempo dedicado durante el cursado y de los conocimientos matemáticos que manejan los estudiantes.

En su valioso trabajo de investigación, Solaz-Portolés y Moreno-Cabo (2008) parten de la premisa de que el aprendizaje



que se produce en la lectura de un texto depende tanto de su naturaleza (características o variables textuales), como del conocimiento previo y las estrategias del sujeto lector. Según Ausubel (1991) el aprendizaje significativo ocurre cuando el que aprende integra los nuevos conceptos en un cuerpo organizado de ideas y concepciones previas. Tener en cuenta el nivel matemático para el desarrollo de contenidos de Mecánica al recomendar un LT resulta fundamental si se busca que los alumnos construyan su conocimiento.

La estructuración de verdaderos ambientes de aprendizaje con el uso de materiales adecuados requiere de marcos referenciales sustentados desde los campos disciplinar y de la didáctica en permanente retro-alimentación, de manera de fomentar las competencias profesionales deseadas en nuestros alumnos. Dichas competencias profesionales, se entienden como la capacidad efectiva para realizar una tarea determinada y que implica poner en acción, en forma armónica, diversos conocimientos, habilidades, actitudes y valores que guían la toma de decisiones y la acción (6x4UEALC, 2005).

La posibilidad de contar con resultados derivados de la investigación educativa a partir del análisis crítico de los LT de Física que se usan mayoritariamente en las carreras de grado de la UNL, aportaría a soslayar parte de las probables causas del fracaso estudiantil relacionadas con las dificultades asociadas al aprendizaje de determinados contenidos de Física, propiciando la formación de futuros profesionales con sentido crítico desde los inicios de las carreras que cursan.

En este trabajo se llevó a cabo una investigación que busca conocer características de una muestra intencional de LT. Se seleccionaron los libros de Mecánica de nivel universitario básico teniendo en cuenta los que se recomiendan en los PA de cursos de Física que se dictan en el CB de las carreras de las



distintas UA dependientes de la UNL. Se plantearon los siguientes objetivos:

- Realizar un relevamiento de los LT que figuran como materiales de estudio en la bibliografía recomendada en los PA de los cursos de Física en los que se desarrollan contenidos de Mecánica.
- Caracterizar y clasificar los LT según el nivel de tratamiento matemático que involucra el desarrollo de los temas de interés.
- Analizar si las horas dedicadas al desarrollo de contenidos de Mecánica que contemplan dichos cursos y los conocimientos matemáticos previos de los estudiantes, son acordes al nivel matemático con el que se desarrollan los temas en dichos LT.

A continuación se presenta la metodología empleada para cumplir con los objetivos, luego los resultados y su análisis. Se finaliza exponiendo las conclusiones que se derivan del presente estudio.

3. Metodología

En esta presentación se contemplan las respuestas a algunas de las preguntas de investigación relacionadas con los objetivos del Proyecto mencionado: ¿Cuáles son las carreras de la UNL en las que se dicta Mecánica? ¿Cuáles son los conocimientos básicos de Matemática en los estudiantes para cursar Mecánica? ¿Qué LT de Mecánica se recomiendan en los PA de las carreras de la UNL que contemplan en el CB cursos de Física de hasta 150 horas totales? ¿Qué LT se recomiendan en



los PA de cursos de Física de 225 a 240 hs horas totales? ¿Cuál es el nivel matemático del tratamiento de temas de Mecánica en dichos LT? ¿Cuántas horas de cursado se dedican al desarrollo de contenidos de Mecánica en los cursos de cada carrera?

La metodología que se considera más adecuada para lograr los propósitos de este estudio se encuadra en el paradigma de la investigación cualitativa. Se llevó a cabo un estudio de casos (Samaja, 1994).

Se tuvieron en cuenta los conocimientos mínimos de matemática en los estudiantes para cursar la asignatura del CB en la que se desarrolla la Mecánica en cada carrera que se cursa en las UA de la UNL adoptándose el criterio usado por el Comité del CapIC: "*Con conocimientos básicos de matemática que incluyen integrales en una variable*" y "*Con conocimientos básicos de matemática que no incluyen integrales en una variable*".

Por otro lado, se llevó a cabo un análisis de contenido de los LT (Bardin, 1996). Se indagó acerca del nivel matemático con el que se desarrollan los temas de Mecánica de interés en los libros recomendados clasificándoselos en LT "*Sin cálculo*" (SC) y "*Con cálculo*" (CC) cuando los temas se desarrollan sin, y con, uso de cálculo diferencial e integral, respectivamente.

4. Resultados y Análisis

Como se mencionó, en el marco de las actividades desarrolladas en el CapIC se encontraron algunas carreras en las que los contenidos de Física se desarrollan en uno o más cursos que suman en total de 75 a 150 horas y otras que contemplan el dictado de dos cursos de Física que suman de 225 a 240 horas.



Por otro lado, a partir de los cronogramas presentados por los representantes de cada UA del CapIC, se analizaron las actividades planificadas para abordar cada uno de los temas que contemplan los PA respectivos. Es así que se contabilizaron las horas dedicadas a teoría, resolución de problemas y desarrollo de trabajos prácticos de laboratorio correspondientes a cada unidad temática.

En la Tabla 1 se presentan las distintas UA de la UNL en las que se dictan carreras que incluyen en sus planes de estudio cursos de Física, las horas estimadas que se dedican al desarrollo de temas de Mecánica Clásica según los documentos analizados por CapIC, y los conocimientos básicos de Matemática de los estudiantes en condiciones de cursar la asignatura.



| Unidades Académicas | Carreras | Horas de Mecánica |
|---|---|-------------------|
| Conocimientos básicos de matemática que incluyen integrales en una variable | | |
| Fac. de Ingeniería Química | Ingenierías Industrial, Química, en Alimentos y en Materiales, Licenciaturas en Materiales y Química, Profesorado en Química y Químico Analista | 112 hs |
| Fac. de Ingeniería en Ciencias Hídricas | Ingeniería en Recursos Hídricos, Ambiental, en Informática y en Agrimensura | 104 hs |
| Fac. de Bioquímica y Ciencias Biológicas | Bioquímica, Licenciatura en Biotecnología | 84 hs |
| Fac. de Humanidades y Ciencias | Profesorado en Biología y Licenciatura en Biodiversidad | 55 hs |
| Fac. de Ciencias Agrarias | Ingeniería Agronómica | 54 hs |
| Escuela Univ. del Alimento | Tecnicatura Superior en Tecnología de los Alimentos | 40 hs |
| Escuela Univ. de Análisis del Alimento | Analista Universitario de Alimentos | 38 hs |
| Fac. de Bioquímica y Ciencias Biológicas | Licenciatura en Nutrición | 34 hs |
| Conocimientos básicos de matemática que no incluyen integrales en una variable | | |
| Instituto Superior de Música | Licenciatura en Sonorización y Grabación | 42 hs |
| Fac. de Ciencias Veterinarias ²³ | Medicina Veterinaria | 15 hs |

Tabla 1: UA de la UNL, carreras que incluyen en sus planes de estudio cursos de Física y horas aproximadas que se dedican al el desarrollo de temas de Mecánica Clásica.

²³ La Facultad de Ciencias Veterinarias no participó en el Comité del CapIC, el número de horas es estimado a partir del Plan de Estudio obtenido de la página Web de la institución.



Por otro lado, a partir del relevamiento de LT referenciados en los PA de los cursos de Física de las diferentes carreras que se muestra en el Anexo, se identificaron aquellos que tratan los contenidos de Mecánica de interés con un nivel matemático que involucra cálculo diferencial e integral y aquellos que no involucran dicho nivel de tratamiento matemático. En la Tabla 2 se presentan los libros recomendados en los PA de cada carrera. Se nombran sólo los apellidos de los autores y el nombre del libro. Los LT se muestran en el mismo orden de aparición con el que se los cita en los PA. Se indican con las letras **CC** y **SC** a aquellos LT que abordan los temas con y sin cálculo diferencial e integral, respectivamente.

| Carreras | Libros de texto recomendados en los Programas Analíticos de Mecánica |
|--|---|
| Conocimientos básicos de matemática que incluyen integrales en una variable | |
| Ingenierías Industrial, Química, en Alimentos y en Materiales, Licenciaturas en Materiales y Química Profesorado en Química, Químico Analista (112 hs) | <ul style="list-style-type: none"> - Alonso, Finn. <i>Física</i> CC - Gettys, Keller, Skove <i>Física Clásica y Moderna</i> CC - Giancoli. <i>Física general V 1</i> SC - Serway. <i>Física I</i> CC - Ingard, Kraushaar. <i>Introducción al estudio de la mecánica, materia y ondas</i> CC - Roederer. <i>Mecánica elemental</i> CC - Tipler. <i>Física I</i> CC - McKelvey Grotch. <i>Física para ciencias e ingeniería I</i> CC - Sears, Zemansky, Young. <i>Física Universitaria</i> CC |
| Ingeniería en Recursos Hídricos, Ambiental, en Informática y en Agrimensura (104 hs) | <ul style="list-style-type: none"> - Gettys, Keller, Skove. <i>Física Clásica y Moderna</i> CC - Sears, Zemansky, Young, Fredman. <i>Física Universitaria I</i> CC - Resnick, Halliday. <i>Física para estudiantes de Ciencias e Ingeniería Parte I</i> CC - Tipler. <i>Física V1</i> CC - Alonso, Finn. <i>Física V1: Mecánica</i> CC - Gil, Rodríguez. <i>Física re-Creativa. Experimentos de Física usando nuevas tecnologías</i> CC |
| Bioquímica Licenciatura en Biotecnología (84 hs) | <ul style="list-style-type: none"> - Gettys, Keller, Skove. <i>Física Clásica y Moderna</i> CC - Halliday, Resnick y Krane. <i>Física V1</i> CC - Sears, Zemansky. <i>Física General T 1</i> CC - Serway y Jewett. <i>Física I. Texto basado en cálculo</i> CC - Tipler. <i>Física</i> CC - Wilson, Buffa. <i>Física</i> SC - Giancoli. <i>Física para universitarios V1</i> SC - Gil, Rodríguez. <i>Física re-Creativa. Experimentos de Física usando nuevas tecnologías</i> CC |



| | |
|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Kane, Sternheim. <i>Física</i> SC - Cussó, López, Villar. <i>Física de los procesos biológicos</i> CC |
| Profesorado en Biología Licenciatura en Biodiversidad (55 hs) | <ul style="list-style-type: none"> - Gettys, Keller, Skove. <i>Física Clásica y Moderna</i> CC - Resnick, Halliday. <i>Física I</i> CC - Sears, Zemansky. <i>Física General T1</i> CC - Tipler. <i>Física I</i> CC - Wilson. <i>Física</i> SC - Fernandez, Galloni. <i>Física elemental I</i> SC Bibliografía de lectura: <ul style="list-style-type: none"> - Hewitt. <i>Física Conceptual</i> SC - Hetch. <i>Física en perspectiva</i> SC |
| Ingeniería Agronómica (54 hs) | <ul style="list-style-type: none"> - Wilson, Buffa, Lou. <i>Física</i> SC - Sears, Zemansky, Young. <i>Física Universitaria</i> CC - Tipler. <i>Física</i> CC - Bueche. <i>Física para estudiantes de Ciencias e Ingeniería</i> CC |
| Tecnicatura Superior en Tecnología de Alimentos (40 hs) | <ul style="list-style-type: none"> - Gettys Keller Skove. <i>Física Clásica y Moderna</i> CC - Alonso, Finn. <i>Física</i> CC - Resnick, Halliday. <i>Física I</i> CC - Sears, Zemansky. <i>Física General T1</i> CC - Tarasov-Tarasova Problemas de física MIR SC |
| Analista Universitario del Alimento (38 hs) | <ul style="list-style-type: none"> - Alonso, Finn. <i>Física</i> CC - Hewitt. <i>Física Conceptual</i> SC - Sears, Zemansky, Young. <i>Física Universitaria</i> CC - Gettys, Keller, Skove. <i>Física Clásica y Moderna</i> CC Bibliografía complementaria: <ul style="list-style-type: none"> - Resnick, Halliday. <i>Física I</i> CC |
| Licenciatura en Nutrición (34 hs) | <ul style="list-style-type: none"> - Wilson. <i>Física</i> SC - Gettys, Keller, Skove. <i>Física Clásica y Moderna</i> CC |
| Conocimientos básicos de matemática que no incluyen integrales en una variable | |
| Licenciatura en Sonorización y Grabación (42 hs) | <ul style="list-style-type: none"> - Wilson, Buffa, Lou. <i>Física</i> SC - Tappens. <i>Física. Conceptos y aplicaciones</i> SC - Giancoli. <i>Física para universitarios I</i> SC - Zitzewitz, Kramer. <i>Prácticas de Física</i> SC Bibliografía ampliatoria: <ul style="list-style-type: none"> - Sears, Zemansky, Young, Fredman. <i>Física Universitaria</i> CC - Serway, Jewett. <i>Física para ciencias e ingenierías</i> CC - Tipler, Mosca. <i>Física para la ciencia y la Tecnología</i> CC |
| Medicina Veterinaria (15 hs) | <ul style="list-style-type: none"> - Bueche. <i>Física para estudiantes de Ciencias e Ingeniería</i> CC - Cicardo. <i>Biofísica</i> SC - Frumento. <i>Biofísica</i> SC - Harten Hans-Ulrich. <i>Física para estudiantes de Medicina</i> SC - Wilson, Buffa. <i>Física</i> SC Bibliografía complementaria: <ul style="list-style-type: none"> - Resnick, Halliday. <i>Física T1</i> CC - Sears, Zemansky, Young. <i>Física Universitaria</i> CC - Tipler. <i>Física</i> CC - Weber, Manning, White. <i>Física</i> SC |

Tabla 2. Libros recomendados en los PA de cada carrera de grado de la UNL, horas dedicadas al desarrollo de contenidos de Mecánica, conocimientos básicos de Matemática de los estudiantes y nivel matemático de desarrollo de los temas de Mecánica por cada autor/es.



De la lectura de la tabla surge que la gran mayoría de los autores de LT son de origen extranjero, especialmente norteamericanos. En los cursos en los que los estudiantes manejan como mínimo herramientas de cálculo diferencial e integral en una variable, se recomiendan LT en los que el desarrollo de contenidos de Mecánica se lleva a cabo con, y sin, cálculo diferencial e integral, correspondiendo la mayoría de los mismos a la primera categoría. Se recomiendan libros con cálculo en 44 ocasiones, con relación a una frecuencia de recomendaciones de libros con, y sin, cálculo de 64. Esto último es de destacar, si se tiene en cuenta que el nivel de profundidad en el desarrollo de los contenidos durante el cursado depende fuertemente del tiempo dedicado a tal fin.

Se sostiene que en algunas carreras la carga horaria dedicada al desarrollo de contenidos de Mecánica no resultaría acorde con la profundidad del tratamiento de los temas en los libros referenciados en los primeros lugares, en sus PA. Con respecto a los cursos en los que no se contempla el manejo de los estudiantes de cálculo diferencial e integral, resulta llamativo que, en algunos casos, se aconsejen prioritariamente LT que involucran dichas herramientas matemáticas en sus tratamientos.

5. CONCLUSIONES

A partir del estudio realizado, se infieren cuestionamientos acerca de las recomendaciones y/u orientaciones en los PA de libros de Física con desarrollos de contenidos de Mecánica con nivel matemático no acorde, no sólo al tiempo dedicado durante el cursado al desarrollo de los temas



de Mecánica contemplados, sino también, en algunos casos, a las competencias matemáticas con las que cuentan los estudiantes. El estudiante que intenta utilizar la bibliografía que se referencia en los documentos institucionales, no siempre está en condiciones de conceptualizar los contenidos de Física a partir de los mismos. Esto no sólo contribuye a dificultar la construcción de conocimientos en los estudiantes, sino que tampoco propiciaría en los mismos una actitud favorable hacia el estudio mediante LT.

Se sostiene que se debería ser más realista a la hora de referenciar bibliografía en los PA de los cursos analizados, ya que de estos documentos se debería desprender un verdadero compromiso institucional con los estudiantes en relación a los materiales didácticos en los que debieran basar su aprendizaje.

Agradecimientos:

Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto de investigación CAI+D 2011: Un estudio del tratamiento de contenidos de Mecánica Clásica en los textos de Física más utilizados en los cursos introductorios de carreras de grado de la Universidad Nacional del Litoral – UNL



Bibliografía

- 6x4UEALC -Unión Europea y América Latina-el Caribe- (2005): Reunión de inicio. Guadalajara, 14-15 abril 2005.
- Antoni, E. (2003) Alumnos universitarios: el por qué de sus éxitos y fracasos. Miño y Dávila. Buenos Aires. Argentina.
- Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1991) Psicología Educacional, un punto de vista cognitivo. 5ta. Reimpresión. Trillas, México
- Bardin, L. (1996) *El análisis de contenido*. Madrid: Akal
- Bouciguez, M. y Santos, G. (2010) Applets en la enseñanza de la física: un análisis de las características tecnológicas y disciplinares. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencias. Vol.7, N° 1. pp. 56-74. En: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/920/92013011005.pdf>
- Cursos de Acción para la Integración Curricular (2010) Res CS UNL N° 328 y 592
- Ministerio de Educación de la Nación Argentina (2006) Ley Nacional de Educación N° 26.206.
- MECyT (2003) En: <http://www.ses.me.gov.ar/articulacion/>
- Otero, J. (1990) Variables cognitivas y metacognitivas en la comprensión de textos científicos: el papel de los esquemas y el control de la propia comprensión. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), 17-22.
- Samaja, J. (1994) Epistemología y Metodología. EUDEBA. Buenos Aires.
- Solaz-Portolés y Moreno-Cabo (2008) Algunas pautas y consideraciones para aprender de un texto educativo de ciencias, Edición electrónica gratuita en: www.eumed.net/libros/2008c/467/



Anexo

Libros de texto recomendados en los Programas Analíticos (PA) de los cursos de Física del Ciclo Básico de las carreras que se cursan en la UNL en los que se desarrollan temas de Mecánica. Se los referencian con los datos que figuran en los PA:

- Alonso M, Finn E (Sin Dato) *Física*. Addison Wesley Iberoamericana, México
- Alonso M y Finn E (1970) *Física Vol. I: Mecánica*. Fondo Educativo Interamericano
- Bueche, F. (1992) *Física para estudiantes de Ciencias e Ingeniería*. Cuarta Edición. McGraw Hill, México
- Cicardo, V. H. (1987) *Biofísica*. Octava Edición. Libreros López Editores, Argentina
- Cussó F, López C y Villar R (2004) *Física de los procesos biológicos*. Ariel. Barcelona
- Fernandez y Galloni (Sin Dato) *Física elemental T I*
- Frumento, A. S (1995) *Biofísica*. Edición Hosby/ Doyma Libros, España
- Gettys, W.; Keller, F.; Skove, M. (1991) *Física Clásica y Moderna*. McGraw Hill, Madrid
- Giancoli D (2002) *Física para universitarios Vol. 1*. 3era Edición. Pearson Educación, México
- Giancoli, D. C. (1988) *Física general V 1*. Prentice Hall Hispanoamericana
- Gil, S.; Rodríguez, E. (2001) *Física re-Creativa. Experimentos de Física usando nuevas tecnologías*. Prentice-Hall
- Halliday, D.; Resnick, R. y Krane, K. (1998) *Física V 1*, Tercera Edición en español. Compañía Editorial Continental, México
- Harten, Hans-Ulrich (1977) *Física para estudiantes de Medicina*. Editorial Científico – Médica, Barcelona
- Hetch, E. (Sin Dato) *Física en perspectiva*
- Hewitt P (Sin Dato) *Física Conceptual*. Addison Wesley Longman, México



- Ingard, William L. Kraushaar (1984) *Introducción al estudio de la mecánica, materia y ondas*. Editorial Reverté, Argentina
- Kane J, Sternheim M (2007) *Física*. Segunda Edición. Reverté, Barcelona
- McKelvey J y Grotch H (1980) *Física para ciencias e ingeniería T I*. Harla, México
- Resnick, R. y Halliday, D. (1967) *Física para estudiantes de Ciencias e Ingeniería*, Parte I. Compañía Editorial Continental S.A., México
- Resnik D, Halliday R (1971) *Física T I*. 3era Edición. Editorial Continental - Resnick, R.; Halliday, D. (Sin Dato) *Física I*. CECSA, México
- Roederer, J. (1963) *Mecánica elemental*. Eudeba, Buenos Aires
- Sears, F.; Zemansky, M. (Sin Dato) *Física General T I*. Editorial Aguilar
- Sears, F.; Zemansky, M.; Young, R. (Sin Dato) *Física Universitaria*. Aguilar, Madrid
- Sears, F., Zemansky, M., Young, D. (1988) *Física Universitaria*. Sexta Edición. Addison Wesley Iberoamericana
- Sears, F.; Zemansky, M.; Young, H.; Fredman, R. (1998) *Física Universitaria V 1*. Addison Wesley, Longman
- Sears, F.; Zemansky, M.; Young, H.; Fredman, R. (1999) *Física Universitaria*. Novena Edición. Pearson Educación, México
- Serway, R. (1993) *Física I*. Cuarta Edición. Mac Graw Hill, México
- Serway, R. y Jewett, J. (2004) *Física I*. Texto basado en cálculo. Tercera Edición. Internacional Thomson Editores, México
- Sears, F.; Zemansky, M.; Young, R. (1986) *Física Universitaria*. Addison Wesley Iberoamericana, USA
- Tipler, P. (1978, 1979, 1983) *Física I*. Reverté
- Tipler, P. (1995 y 1996) *Física* Tercera Edición. Reverté S. A., Barcelona
- Tipler, P. E. (2001) *Física. Conceptos y aplicaciones*. Sexta edición. McGraw-Hill Interamericana Editores S.A., Chile, (Ed)
- Tarasov-Tarasova (Sin Dato) Problemas de física MIR
- Weber, R., Manning, K., White, M. (1976) *Física*. Segunda Edición. Reverté, Barcelona.
- Wilson, J. P. (Sin Dato) *Física*. Prentice Hall Hispanoamericana, México
- Wilson J, Buffa AJ (2003) *Física*. 5ta Edición. Pearson Educación, México
- Wilson y Buffa (2005) *Física*. 5ta Edición. Editorial Prentice Hall



- Wilson J, Buffa A y Lou B (2007) *Física*. 6ta Edición. Pearson Educación, México
- Zitzewitz, P.; Kramer, C. (1994) *Prácticas de Física*. McGraw-Hill Interamericana de México



Uso de Simulaciones Computacionales para abordar Obstáculos en la Comprensión para Alumnos de 1° Año de la Escuela Secundaria.

*Navarro, Viviana⁽¹⁾; Culzoni, Cecilia⁽²⁾;
Fornari, Javier⁽²⁾; Aimé, Luciana⁽¹⁾; Alegre, Laura⁽²⁾*

1: Escuela N° 428 Luisa R. de Barreiro.

2: Facultad Regional Rafaela, Universidad Tecnológica Nacional

vivnaval@yahoo.com.ar, ceciliaculzoni@gmail.com, javier.fornari@frra.utn.edu.ar,

lu_aime13@yahoo.com.ar, lauraalegre3556@gmail.com

Resumen

La enseñanza aprendizaje de las ciencias naturales en los primeros años de la escuela secundaria es un proceso que requiere afrontar diferentes problemáticas como obstáculos en la comprensión de los temas, falta de interés en la materia, hábitos de estudio, masividad en las aulas, falta de atención y otros. Teniendo en cuenta los aportes del aprendizaje significativo, las teorías que tratan de explicar los obstáculos en la comprensión y la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación, es que decidimos realizar una propuesta innovadora para la asignatura Laboratorio de Ciencias Naturales en 1° año de la Escuela N° 428 de Rafaela, Santa Fe. Esta



propuesta consiste en la planificación de una unidad didáctica siguiendo el modelo de UEPS, propuesto por Moreira, al cual se le introducen como recurso didáctico simulaciones computacionales con guía de actividades. Los resultados han sido muy alentadores y nos animan a seguir trabajando con esta metodología, dentro del marco de un proyecto de investigación que integra a la Universidad con la Escuela Secundaria.

Palabras Clave: Obstáculos en la comprensión; Aprendizaje significativo; Estados de la materia; Simulaciones.

1. Introducción

Este informe que hoy presentamos es resultado de varios años de trabajo en conjunto entre la Facultad Regional Rafaela de la Universidad Tecnológica Nacional y la Escuela N° 428 Luisa R. de Barreiro de la ciudad de Rafaela, provincia de Santa Fe.

Con el antecedente de trabajar en forma colaborativa durante años anteriores, en 2012 planteamos un proyecto de investigación, donde los profesores de la escuela participan junto a los investigadores de la facultad en carácter de investigadores, en una tarea conjunta, convencidos de que la única manera de mejorar las prácticas educativas es involucrándose activamente en el proceso de cambio.

Desde esta perspectiva es que juntos comenzamos a abordar los problemas existentes en la enseñanza aprendizaje de la física y de la química, tomando como base pedagógica la teoría constructivista de orientación socio cultural, de la psicología cognitiva en relación con los obstáculos en la



comprensión y los aportes de Marco Antonio Moreira en cuanto al aprendizaje significativo crítico. Sobre estas bases introdujimos las tecnologías de la información y la comunicación (TICS) con el objetivo de mejorar la comprensión, motivar a los estudiantes, fortalecer el trabajo colaborativo y adecuar las metodologías a las formas actuales de la comunicación.

2. Marco Teórico

2.1. Obstáculos en la comprensión

A partir de los resultados obtenidos de diagnósticos realizados a alumnos de primer año de la Escuela N° 428 de la ciudad de Rafaela, Santa Fe, en donde se evidenció que no había verdadera comprensión del tema Sistemas Materiales se indagó sobre las problemáticas que podrían generar obstáculos para su comprensión.

Durante algún tiempo se observó en alumnos de años superiores problemas en el aprendizaje de temas como densidad, y se detectó que el estado corpuscular de la materia era el hilo conductor de toda la problemática. El concepto de estado de agregación de la materia es central ya que un aprendizaje superficial o poco significativo de dicho tema, obstaculiza la comprensión de otros como densidad, cambios de estados, sistemas materiales, disolución, solvatación que se enseñan en cursos superiores.

Es por eso que se decidió realizar una intervención didáctica específica en las diferentes divisiones de 1º año en la unidad "La Materia" que forma parte de la currícula en la asignatura Laboratorio de Ciencia Naturales.



Partimos de la base fundamental que es necesario, no solamente considerar los conocimientos previos de los alumnos, sino hacerlos explícitos ya que "Una persona no es, en absoluto, un saco vacío que pueda "rellenarse con conocimientos", y aún menos un objeto de cera que conserva en su memoria las formas con que se ha modelado. Por lo general se asimila el alumno a un sistema cognitivo que graba y conserva linealmente una sucesión de algoritmos e informaciones. Preferiríamos sustituir esta idea por la de un organismo "actor" que construye en el transcurso de su historia social, en el contacto con la enseñanza, y sobre todo a través de las informaciones de los medios de comunicación y las experiencias de la vida cotidiana, una estructura conceptual en la que se insertan y organizan los conocimientos de los que se apropia y las operaciones mentales que domina." (Giordan & Vecchi, 1995)

Sabemos también que el conocimiento previo es, de forma aislada, la variable que más influye en el aprendizaje. En última instancia, sólo podemos aprender a partir de aquello que ya conocemos. Ya en 1963, David Ausubel resaltaba esto. Hoy, todos reconocemos que nuestra mente es conservadora, aprendemos a partir de lo que ya tenemos en nuestra estructura cognitiva. Como él decía, ya en esa época, si queremos promover el aprendizaje significativo hay que averiguar dicho conocimiento y enseñar de acuerdo con el mismo. (Moreira, 2000)

2.1.1. ¿Cómo se construye un concepto?

"No podríamos sobrevivir sin categorizar el mundo, porque cada hecho, cada estímulo, sería completamente nuevo para nosotros, seríamos esclavos de lo particular" (Bruner, Goodnow, & Austin, 1956)



La construcción de conceptos y su apropiación se hace no por el simple paso de una a otra concepción, sino bajo la forma de oscilaciones y alternancias, a través de cierto número de rupturas que reorganizarán las representaciones individuales.

Una representación es, pues, un modelo explicativo organizado, sencillo, lógico, utilizado a menudo por la analogía. Una concepción se actualiza siempre por la situación vivida, por las preguntas planteadas. Puede depender de la secuencia pedagógica en marcha o del contexto en el que emerge. Se trata en efecto de movilizar lo que ya se sabe y adaptarlo a la situación nueva que se desea aprender. En este trabajo de construir conceptos nuevos a partir de las ideas previas que se tienen, se encuentran obstáculos que dificultan la tarea. Los obstáculos son interiores, residen en el pensamiento mismo, es una facilidad que se concede la mente, es una comodidad intelectual, pero no es el vacío sino una forma de conocimiento que responde quizás a otro modelo, no al modelo científico. En ciencias naturales un obstáculo consiste en pensar a la naturaleza como una serie de "cajones" disjuntos, donde cada elemento pertenece a una categoría "natural" como el ejemplo del agua, que se puede encontrar en estado líquido, sólido o gaseoso colocando cada una de estas situaciones en compartimientos estancos.

Otro es el hecho de valorar más lo vivo (obstáculo vitalista) y minusvalorar a lo físico y lo químico.



2.2. Modelos didácticos

¿Qué modelos de enseñanza favorecerían una adecuada teoría del desarrollo conceptual tanto en niños como en adultos?

Tomamos para esta propuesta educativa lo que Marco Antonio Moreira (2000) denomina Aprendizaje Significativo Crítico y dentro de esta base pedagógica se seleccionó el diseño de Unidades Educativas Potencialmente Significativas con la incorporación de tecnologías de la información y la comunicación, porque "Sólo hay enseñanza cuando hay aprendizaje y éste debe ser significativo; enseñanza es el medio, aprendizaje significativo es el fin" (Moreira, 2011)

El alumno aprende cuando realiza actividades que le permitan profundizar su comprensión, porque es en función de estas actividades y no tanto de las explicaciones del docente cuando se logran producir aprendizajes significativos.

2.3. Simulaciones Computacionales

En la aplicación de las NTICS es importante tener presente el concepto de herramientas cognitivas. Éstas son símbolos y artefactos que juegan el rol de soporte o vehículo del pensamiento. De esta manera se produce una suerte de asociación entre la mente y esos elementos, potenciándose la capacidad del individuo para abordar tareas complejas. Hay que tener en cuenta que esto influye en la propia forma con que se piensa, de modo que herramientas cognitivas distintas condicionan estilos y niveles de pensamiento diferentes. La computadora y la web son herramientas cognitivas muy potentes, que utilizadas con buenos criterios pedagógicos pueden producir profundos cambios en las formas de pensamiento y



favorecer un avance extraordinario en la educación.(Kofman, 2003)

Para abordar actividades que involucren las tecnologías de la comunicación y la información es necesario contar con equipos interdisciplinarios, donde participen tanto los expertos en el tema como los especialistas en informática y en educación con TICS. Esto es precisamente lo que estamos realizando en un trabajo que involucra a diferentes personas cada una desde su especialidad, sumando para construir un proyecto didáctico superador.

3. Metodología

3.1. Diseño de la unidad didáctica

1. Identificación de las ideas previas.

Con el objetivo de hacer explícitas las ideas sobre el tema Teoría Corpuscular de la Materia, y teniendo en cuenta que se trata de estudiantes de 12 y 13 años de edad, se les pide que dibujen cómo creen ellos que está formada la materia, en sus estados sólido, líquido y gaseoso. Que expliciten si creen que las partículas que han dibujado tienen movimiento, que describa, dibujen y expongan todo lo que piensan volcándolo en el papel.

2. Presentación de situaciones problemáticas con simulaciones computacionales. Simulación la materia disponible en:



http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/indice.htm

Se seleccionó esta simulación teniendo en cuenta su potencia didáctica, por las actividades propuestas, por la posibilidad que brinda la imagen animada de concretar ideas abstractas y por sus aspectos estéticos. Es importante considerar que esta simulación debe trabajarse en línea o bien descargarse en las PC o netbook.

Se planifica un trabajo colaborativo en parejas, dos alumnos por computadora, con guía de actividades impresa. Las actividades consisten en problemas cualitativos y experiencias a resolver usando la simulación. Para facilitar el acceso a la misma y el comienzo de la clase se utiliza un cañón para proyectar la pantalla de inicio en la pared. La docente del curso participa como facilitadora, explicando en caso de ser necesario las dudas o problemas que pueden ir surgiendo. El trabajo es autónomo. Al finalizar estas actividades el alumno resolverá una evaluación con opciones múltiples y dibujará nuevamente los distintos estados de agregación de la materia (sólido, líquido y gaseoso). Se planifica una clase de 80 minutos.

3. A la clase siguiente se retoma el tema estudiado con las simulaciones, ya en el aula tradicional. Se revisan cada uno de los estados de agregación de la materia explicando el estado cristalino de algunos sólidos, poniendo énfasis en el movimiento de las partículas en cada estado de agregación. Una clase de 80 minutos.



4. Para continuar y comparar si hubo cambio conceptual se contrastan los conocimientos adquiridos con los dibujos que habían realizado en la primera clase y luego se conversa en el gran grupo para que verbalicen las diferencias encontradas.
5. Se realizan actividades de ejercitación para verificar la comprensión.
6. Para evaluar la propuesta didáctica se realiza una encuesta a los alumnos.

4. Resultados

4.1. Observaciones de las clases.

Los alumnos trabajaron en forma ordenada, lo hicieron estimulados por el uso de las nuevas tecnologías, demostrando interés en éste tipo de metodología de estudio, tal como puede observarse en la figura 1.

La simulación genera un ambiente lúdico, de aprendizaje cooperativo, en donde el docente es el puente entre el conocimiento y su construcción por parte del alumno.

En la figura 2, podemos visualizar que el estudiante aprende en forma autónoma, siente que existen nuevas formas de adquirir conocimiento y que la comprensión depende de él y de su esfuerzo.



Figura 1.



Figura

El simulador ayuda a ser asequible conceptos de un alto nivel de abstracción lo que favorece un aprendizaje significativo.



4.2. Resultados de las evaluaciones

A continuación se muestran los resultados de las preguntas de la evaluación. Para todas las opciones de respuesta fueron: Líquidos-Sólidos-Gases. (Elegir la correcta). La pregunta está escrita debajo de cada gráfico. En los gráficos se muestra con la leyenda Si, la proporción de alumnos que dieron la respuesta correcta, con No los que dieron una respuesta incorrecta y No contesta los que no saben.

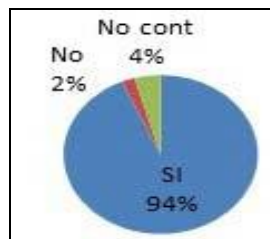


Figura 1: Tienen forma definida

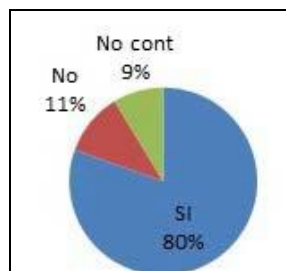


Figura 2: Tienen volumen propio

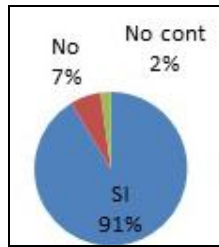


Figura 3:No tienen forma definida

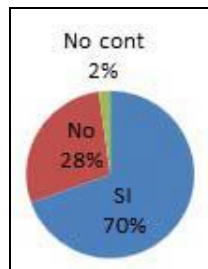


Figura 4:Adoptan la forma del recipiente que los contiene

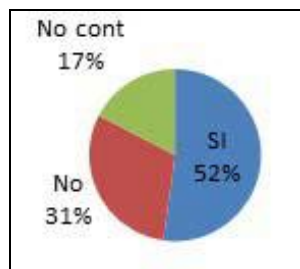


Figura 5:Las fuerzas de atracción de las partículas son débiles

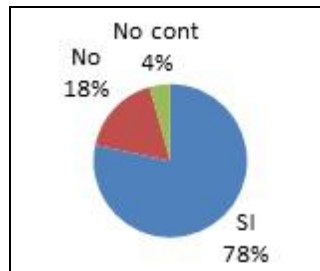


Figura 6: Las fuerzas de atracción son fuertes

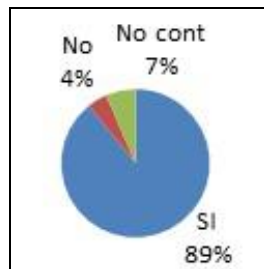


Figura 7: Son fluidos

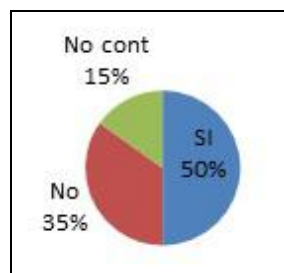


Figura 8: Las partículas se deslizan, trasladan, rotan

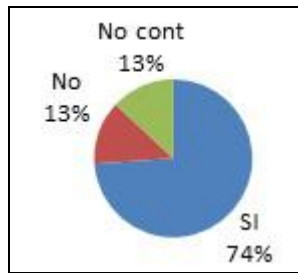


Figura 9: Ocupan todo el volumen disponible (expansibilidad)

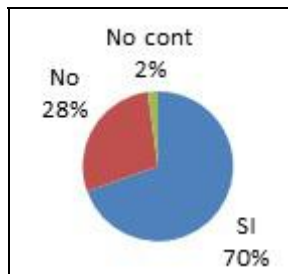


Figura 10: Las partículas vibran en un punto fijo, no tienen movimiento de traslación

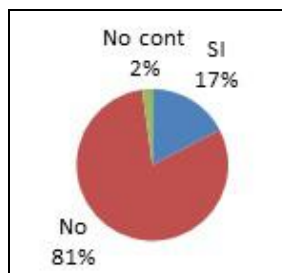


Figura 11: Las fuerzas de atracción y de repulsión se hallan equilibradas.

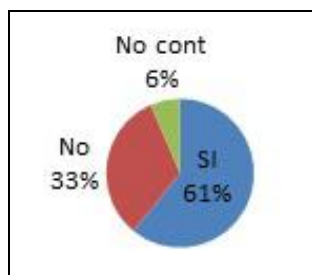


Figura 12: Las partículas chocan con el fondo y las paredes del recipiente ejerciendo presión.

Se puede observar que en la mayoría de los casos más del 70% de los alumnos respondió bien las preguntas, con lo cual podemos decir que los conceptos de forma, volumen, condición de fluidos, lugar en el espacio han sido comprendidos. Hay cuatro preguntas que se relacionan con la fuerza entre las partículas y el movimiento de las mismas que han sido respondidas bien por el 50% o menos de los alumnos, especialmente la pregunta "Las fuerzas de atracción y de repulsión se hallan equilibradas". Es necesario tener en cuenta, que si bien el concepto de fuerza es un concepto intuitivo, no necesariamente estará en consonancia con el concepto científico de fuerza y menos aún la idea de fuerzas equilibradas. Estas conceptualizaciones corresponden al tema estática que forma parte de la currícula de 2º año. Por lo tanto podemos considerar que los resultados han sido por demás satisfactorios, y que aquellas ideas que no han podido aclararse luego de la simulación computacional forman parte de lo que el docente debe trabajar con posterioridad.

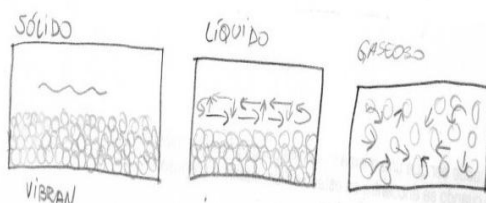
4.3. Cambio Conceptual

Se comenzó este trabajo analizando cómo se produce el cambio conceptual, y cómo es posible promoverlo a partir de un diseño didáctico específico que incorpora las TICS. Sostenemos que es posible un cambio conceptual que puede comenzar en la exposición de los conocimientos cotidianos y concretarse luego de la clase con simulaciones computacionales. Para apoyar nuestra hipótesis ofrecemos los dibujos que realizaron los estudiantes antes y después de la simulación, para observar el cambio producido.



Antes de la clase

Figura 13: Idea previa o conocimiento cotidiano.



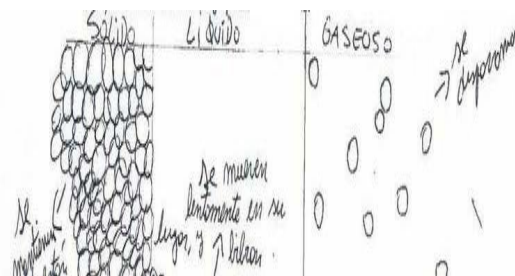
Después de la clase

Figura14: Conocimiento luego de la clase con simulaciones.



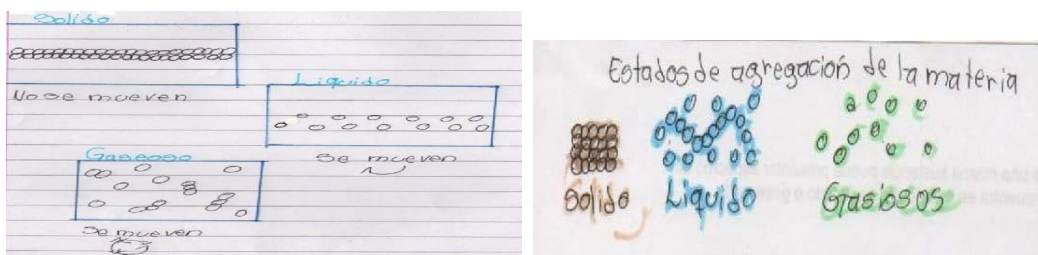
Antes de la clase

Figura 15: Se puede observar que no diferencia entre los tres estados.



Después de la clase

Figura 16: Se observa que surge más claramente el concepto de partícula y el tipo de movimiento



Antes de la clase Después de la clase



Figura 17: Se observa un cambio conceptual en relación con el movimiento de vibración de los sólidos (marca flechas color naranja), en líquidos y gases no se observa cambio

Estos son algunos casos de los más de 150 obtenidos y que muestran los cambios observados. Hubo alumnos que no pudieron realizar el cambio de la manera esperada, y otros que ya tenían conocimientos más cercanos al nivel científico de la estructura de la materia en los diferentes estados de agregación. Queda como tarea la clasificación de todas las respuestas y sistematización de los resultados.

5. Conclusiones

Si bien se han obtenido resultados positivos debemos tener en cuenta que "podemos dudar de la idea de que un niño puede aprender mediante un único experimento concreto, accesible de forma inmediata"(Giordan & Vecchi, 1995)

El conocimiento no viene dado de una vez en forma automática, por el sólo hecho de haberlo enseñado pero en este caso podemos observar que se han producido cambios conceptuales que dan la oportunidad al educador de seguir trabajando sobre la temática y de esta manera construir un concepto significativo. También se puede constatar que diferentes alumnos arribaron, mediante el trabajo propuesto, a distintos niveles de conceptualización, demostrándonos la importancia de los conocimientos previos.

La simulación computacional por sí sola no es capaz de promover estos cambios, necesita estar inserta en una propuesta



didáctica adecuada, donde cobra valor la motivación, la curiosidad del alumno, el aspecto lúdico y la construcción propia de los saberes.

Consideramos que hemos tenido resultados positivos por lo cual pensamos continuar en esta tarea, mejorando las propuestas y ampliándolas a otros temas. En el presente año seguimos trabajando de esta manera, incluyendo a todas las divisiones de primer año para realizar un trabajo estadístico más completo y comenzaremos a evaluar los resultados obtenidos realizando un seguimiento de aquellos estudiantes que utilizaron esta metodología.



Bibliografía

- Bruner, Goodnow, & Austin. (1956). *Un estudio del pensamiento*. New York: Wiley.
- Giordan, A., & Vecchi, G. (1995). *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. Sevilla: Diada S.L.
- Kofman, H. (2003). <http://www.fiq.unl.edu.ar/galileo/papers.htm>. Recuperado el junio de 2013, de Integración de las funciones constructivas y comunicativas de las NTICS en la enseñanza de la física universitaria y la capacitación docente.
- Moreira, M. A. (2000). Aprendizaje Significativo Subversivo. *III Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo*. Lisboa.
- Moreira, M. A. (2011). Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas. *Taller de la XVII REF*. Villa Giardino.