



CIECIBA 2016



Facultad Regional Concordia - Universidad Tecnológica Nacional

24, 25 y 26 de agosto de 2016

Concordia, Provincia de Entre Ríos, República Argentina

OBJETIVOS

- * *Contribuir al mejoramiento de la enseñanza de las ciencias básicas en los diferentes niveles educativos.*
- * *Aportar saberes de las ciencias de la educación a los procesos de enseñanza – aprendizaje de las ciencias básicas.*
- * *Compartir experiencias realizadas o en realización en el campo de la enseñanza de las ciencias básicas en los diferentes niveles del sistema educativo*
- * *Difundir los aportes de las tecnologías de la información y la comunicación a las didácticas de las ciencias básicas.*

EJES TEMATICOS	ir a ARTÍCULOS	ir a POSTERS
1. Enseñanza de las Ciencias Básicas en los diferentes niveles del Sistema educativo		
2. Articulación Secundaria – Universidad en relación a la enseñanza de las ciencias básicas		
3. ¿Cómo Despertar vocaciones en carreras universitarias que incluyan alta carga de ciencias básicas?		
4. Estrategias didácticas basadas en la utilización de las Tecnologías de la Información y la comunicación como recurso didáctico		

DESTINATARIOS

- * Autoridades educativas, asesores pedagógicos, psicopedagogos, docentes de Matemática, Física, Química y Biología de todos los niveles del Sistema Educativo.
- * Alumnos de Institutos Superiores y Universitarios.
- * Interesados en la problemática del desarrollo de la enseñanza de las Ciencias Básicas en general.

COMITÉ ORGANIZADOR

Ing. José Jorge Penco – Decano UTN FRCON – Presidente del Comité Organizador

Lic. Ma. Gabriela Lapiduz – Coordinadora Comité Organizador

Psicop. Verónica Pérez – Comité Organizador

Sr. Agustín Leyes – Comité Organizador

Lic. María Silvana Marini – Secretaria

Lic. Jorge Rosental – Asesor

COMITÉ EVALUADOR

Ing. Carlos H. Blanc	Ing. Daniel Pablo Duran
Carlos María Chezzi	Dra. Zulma Cataldo
Fabián Avid	Ing. Jorge Penco
María Gabriela Lapiduz	Dr. Omar Faure
Cecilia Bixio	Psicop. Verónica Pérez
Dr. Alejandro Spiegel.	Ing. María Isabel Jauregui
Marisa Berguristain	Lic. Vanina Fracaroli
Tomasa López	Mag. Laura Dominguez
Prof. Graciela Minhondo	Lic. Walter Larrosa
Prof. .Silvina Carabio	Cecilia Roggero
Dra. Mg. Patricia Weller	Graciela E. Gay

Este Congreso esta avalado por las siguientes instituciones: declarado de Interés Municipal por el Honorable Concejo Deliberante, de Interés Institucional por el Consejo de Educación Superior de UTN y declarado de Interés Educativo por la Dirección Departamental de Escuelas de la ciudad de Concordia.

ISBN 978-987-1896-57-8

Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional - edUTecNe

<http://www.edutecne.utn.edu.ar>

edutecne@utn.edu.ar

©[Copyright]

edUTecNe, la Editorial de la U.T.N., recuerda que las obras publicadas en su sitio web son de libre acceso para fines académicos y como un medio de difundir la producción cultural y el conocimiento generados por autores universitarios o auspiciados por las universidades, pero que estos y edUTecNe se reservan el derecho de autoría a todos los fines que correspondan.



CIECIBA 2016



1. Enseñanza de las Ciencias Básicas en los diferentes niveles del Sistema educativo

- * Enseñanza de las ciencias básicas en el nivel inicial, primario, secundario, terciario.
- * Enseñanza de las ciencias básicas en las diferentes carreras universitarias
- * Modalidades de evaluación y acreditación en la enseñanza de las ciencias básicas en los diferentes niveles del sistema educativo.

ÍNDICE DE ARTÍCULOS *(hacer click en el tema)*

Análisis de errores en álgebra y geometría analítica. Dificultades en la apropiación del concepto de recta y plano

Análisis de la información de textos de matemática y química en carreras de ingeniería

Análisis epistemográfico sobre las dificultades algebraicas ligadas al estudio de funciones

Aprendizaje basado en problemas. El anillo dudoso

Aprendizaje, enseñanza y evaluación. Elementos básicos detrás de cada uno de ellos

Cómo funcionan las estrategias heurísticas en la resolución de problemas matemáticos. Ciclo básico y carreras de ingeniería

Como vencer a la intuición. Análisis de su influencia en el aprendizaje a nivel universitario

Construcción de una bio batería como alternativa de enseñanza en la obtención de fuentes de energías renovables para un desarrollo sustentable

Construcción de una cámara oscura y su implementación mediante un trabajo colaborativo entre instituciones de esc. primaria y secundaria

De la Ingeniería a la música con Mathematica

Determinación de "g". Una propuesta de trabajo experimental

Efecto Doppler. Como obtenemos evidencia final de este fenómeno

El aula-taller en la enseñanza de Matemática Básica en Carreras de Ingeniería

El enfoque CTS como aporte a la enseñanza de las ciencias básicas

El juego como estrategia para indagar los saberes previos en la enseñanza de las ciencias básicas en el nivel secundario

El manejo del lenguaje académico como parte de la formación inicial en carreras de ingeniería una propuesta didáctica

El péndulo pintor

Empleo de actividades curriculares en la formación matemática en carreras de ingeniería

Estrategia didáctica para la enseñanza del Teorema de Thales aplicado a la construcción de escalas termométricas arbitrarias

Estrategias lingüísticas para la inserción de los alumnos en el ámbito académico. El caso de FICH y trabajo social de UNL

Evaluación de la percepción del ambiente educacional por estudiantes de primer año de la FaciMed que cursan la asignatura introducción a la biología humana

Evaluación por competencias. Experiencia de su aplicación en la asignatura taller de laboratorio en el Profesorado de Química

Experiencias de incorporación de tecnologías digitales en el aula para la mejora del proceso de Enseñanza Aprendizaje

Experiencias exitosas en Ciencias Básicas en una Universidad Chilena

Hábitos de estudio en alumnos ingresantes al nivel universitario

Herramientas narrativas para la apropiación del conocimiento científico

Integral de superficie. Diferentes representaciones para facilitar la comprensión en cursos de cálculo multivariable

Intervención didáctica mediada por TICs en TP de Laboratorios de Física

La evaluación formal en el curso de química del CBC-UBA

Mejorar los índices de acreditación y lograr una revisión de las prácticas de enseñanza

Ordenamiento de los registros semióticos en la didáctica del álgebra en la escuela secundaria

Relevamiento de aprendizajes intuitivos mediante el registro de movimientos oculares

Relevamiento y análisis sobre evaluación en el Centro Regional de Profesores del Litoral en el año 2015 en carreras de nivel terciario para Formación Docente

Resignificación de contenidos y prácticas pedagógicas. El caso de álgebra y geometría analítica

Resultados obtenidos ante el cambio de estrategia en el proceso enseñanza-aprendizaje de Química en alumnos de primer año de ingeniería

Vinculación entre rendimiento académico y la asistencia a clases de química general en la facultad de ingeniería – UNLPam

ISBN: 978-987-1896-57-8

[← Volver a la página principal](#)

Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional - edUTecNe

<http://www.edutecne.utn.edu.ar>

edutecne@utn.edu.ar

©[Copyright]

edUTecNe, la Editorial de la U.T.N., recuerda que las obras publicadas en su sitio web son de libre acceso para fines académicos y como un medio de difundir la producción cultural y el conocimiento generados por autores universitarios o auspiciados por las universidades, pero que estos y edUTecNe se reservan el derecho de autoría a todos los fines que correspondan.

Aprendizaje, enseñanza y evaluación: elementos básicos detrás de cada uno de ellos

Freije, M. Luján; Gómez, Guillermina; Ryan, Brenda E.; Dimieri, Leonardo; Rodriguez, Karina V. y Gasaneo, Gustavo

Departamento de Física, Universidad Nacional del Sur (UNS); IFISUR – CONICET; Instituto de Investigaciones en Ingeniería Eléctrica (IIIE) – CONICET - UNS.
Av. Alem 1253 (8000). Bahía Blanca, Argentina
ggasaneo@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo abordamos el estudio de varios aspectos que tienen que ver con los tres elementos básicos de la educación: el aprendizaje, la enseñanza y la evaluación. Centramos el análisis en relación con lo que ocurre en los primeros años en las aulas de la universidad, en particular en el estudio de la Física. Haremos hincapié en el estudio de la forma en que los conocimientos adquiridos se organizan en el cerebro, y en particular en las redes que se generan para su organización. En cuanto a la enseñanza, centraremos la discusión en que el docente debe hacer evidente el conocimiento que cada alumno trae. Debe reconocer la existencia de conceptos adquiridos por el alumno a través de su interacción con el mundo en su vida cotidiana y que dichos saberes, en muchas situaciones, no están de acuerdo con los saberes que se quiere transmitir por parte del docente. En función de esta aceptación es que se pueden definir estrategias de enseñanza. Finalmente analizaremos las razones detrás del proceso de evaluación y propondremos nuevas variantes a considerar para que ésta forme parte del proceso de la enseñanza mismo.

Palabras clave: Enseñanza, aprendizaje, evaluación.

1. INTRODUCCIÓN

La educación formal para la mayoría de nosotros comenzó desde muy temprano en la vida, generalmente alrededor de los 4 años de edad. Desde ese momento y hasta terminar la escuela secundaria, cada estudiante ha tenido la oportunidad de ver el desempeño de una gran cantidad de maestros y profesores. Ha visto la implementación de diversas técnicas y estilos de enseñanza, así como también una gran variedad de metodologías de evaluación. Este proceso de formación nos va creando una idea respecto de cómo se enseña y sobre cómo se evalúa. Cuando cursamos las distintas materias de la universidad (aquellos que hemos tenido esa oportunidad) vimos nuevamente diversos estilos de enseñanza y evaluación. Tal es así que cuando nosotros mismos nos convertimos en docentes de la universidad creemos saber claramente qué es lo que hay que hacer para llevar adelante una clase. Creemos saber exactamente cómo desarrollarla y también cómo, cuándo y qué evaluar. Sin embargo, detrás de cada uno de los elementos básicos que conforman el

proceso de enseñanza-aprendizaje (EA) hay muchos puntos a analizar si se pretende que este dicho proceso sea eficiente.

El objetivo de esta comunicación es poner la lupa sobre cada una de las partes: el aprendizaje, la enseñanza y la evaluación. Nos concentraremos en lo que ocurre en los cursos de Física 1 para estudiantes de Ingeniería en la Universidad Nacional del Sur (UNS), pero creemos que los resultados aquí presentados son válidos para todos los estudiantes de todas las áreas del saber. Pretendemos analizar algunos aspectos que tienen que ver con cómo los humanos aprendemos y cómo se organizan esos saberes en nuestros cerebros. Por otro lado, pondremos el ojo sobre cómo enseñamos y para ello analizaremos los resultados obtenidos por los alumnos en los distintos cursos de Física 1 de la UNS. En base a los resultados y a las conclusiones de nuestros estudios intentaremos brindar algunas estrategias que permitan mejorar la enseñanza en las aulas. Finalmente haremos un análisis sobre lo que implica evaluar y también sugeriremos estrategias en relación con esta parte fundamental del proceso de EA.

2. ¿Cómo aprendemos?

El estudio del comportamiento humano en términos de aprendizaje es realmente muy amplio. Contamos con mecanismos que nos permiten construir representaciones de distintos aspectos relevantes del mundo físico, biológico y social en el que vivimos [1]. Nuestro interés se enfoca en el aprendizaje abstracto complejo necesario para comprender una ciencia como la física, en particular la Mecánica Clásica (MC).

En cuanto a estudios del aprendizaje de la ciencia, hay algunas corrientes bien establecidas. La revisión de la literatura muestra que hay acuerdo general en la idea de que los niños que llegan a las escuelas no pueden ser considerados como “tablas rasas” [1]. A medida que el niño va creciendo, va adquiriendo conocimientos resultantes de su interacción cotidiana con el mundo. Las distintas corrientes de pensamiento sobre el aprendizaje humano y la educación se preguntan por la forma en la que el conocimiento se construye y, en términos más actuales, cómo ese conocimiento se construye en el cerebro [2-4]. Dos preguntas que a menudo se encuentran en la literatura son: 1) ¿Cuál es el conocimiento del mundo físico con el que los niños llegan a las aulas? y 2) ¿Cómo cambia dicho conocimiento a medida que los chicos se desarrollan, adquieren experticia y son instruidos formalmente? Existe acuerdo general en que los niños traen consigo conocimientos que les son útiles al momento de aprender ciencia, sin embargo existe mayor desacuerdo en relación a cómo articular las nuevas enseñanzas con los conocimientos previos [3]. Incluso, el formato en el que es provista la información relevante para los nuevos aprendizajes puede ser crucial para obtener un desempeño adecuado. Hay, en tal sentido, una corriente de pensamiento que afirma que a medida que el niño crece comienza la adquisición del conocimiento a partir de la organización de sus experiencias sensoriales bajo la influencia de la cultura y del lenguaje. Esta adquisición constituye una simple pero *coherente* estructura que permite explicar todo lo que ocurre en el mundo, la cual es, en general, inconsistente con la estructura explicativa basada en la ciencia. Por otra parte, y en oposición, diSessa ha impulsado la idea de que

el conocimiento que los niños traen está fuertemente *fragmentado* [2].

Al comienzo de los años ‘80 surgió la idea de que “aprender ciencias” implicaba el reemplazo de “*concepciones erróneas*” (CE) persistentes [5] que son difíciles de modificar o eliminar al momento de la enseñanza formal a través de los procesos educativos actuales. ¿Qué son las CE? Las CE están definidas como *los conceptos que los alumnos tienen incorporados y que los llevan a cometer errores sistemáticos al momento de aprender o resolver problemas*. Las CE son justamente las concepciones que el niño se hace sobre el mundo basadas primeramente en sus percepciones sensoriales y que luego, posteriormente cuando joven, elabora a partir de la educación que recibe. Estas elaboraciones pueden mantenerse, sin embargo, relativamente inmodificadas e inconsistentes en comparación con las teorías científicas. Hay ciertamente acuerdo en que estas CE existen y forman una parte importante del conocimiento que los jóvenes presentan al momento de comenzar una educación formal, aún a nivel de la educación universitaria. diSessa ha ido un poco más allá en la conceptualización de las ideas que los “novatos” traen y ha identificado una serie de *primitivas fenomenológicas* (*p-prims* según sus palabras en inglés: *phenomenological primitives*). Estas *p-prims* constituyen una serie de “leyes” que para nuestros cerebros parecen regir el mundo que nos rodea; en general, estas “leyes” no están de acuerdo con las teorías científicas aceptadas por la ciencia. A modo de ejemplo, 1) en la vida cotidiana se encuentra que para mantener un cuerpo en movimiento con velocidad constante debe aplicarse una fuerza no nula, 2) todo cuerpo sometido a una fuerza debe moverse en la dirección de la fuerza [6]. En la manera en que diSessa propone la construcción de conocimiento, inicialmente las *p-prims* son estructuras de pensamientos que están aisladas, y que permiten explicar ciertos fenómenos. Luego, y mediado por la instrucción, estas se van modificando e incorporando a un sistema más grande y complejo de conocimiento que terminan siendo las leyes de la Física. En el sistema de conocimientos de un experto las *p-prims* no pueden por sí solas explicar los fenómenos sino que deben hacerlo en conjunto con el resto de la estructura de conocimientos. Las

dificultades en el aprendizaje pasan por poder reemplazar las estructuras primitivas generadas por la interacción cotidiana con el mundo y su mezcla con una formación elemental incompleta, debido a que toman un carácter muy sólido dado su uso cotidiano en la vida de la persona. La propuesta de construcción de conocimiento de diSessa permite tener una idea de cómo evoluciona el conocimiento en una persona y, por otro lado, permite identificar los “ladrillos” que constituyen la estructura del conocimiento.

En el otro extremo, la postura de Vosniadou es aquella en la que el conocimiento que le permite a un niño explicar su mundo comienza a partir de la formación de presupuestos ontológicos y epistemológicos sobre la naturaleza del mundo y cómo este funciona [6]. Algunos de estos presupuestos ontológicos son, por ejemplo, que los objetos sólidos son estables, que el espacio fundamentalmente está organizado en las direcciones arriba y abajo, y que los cuerpos no soportados todos caen hacia abajo. Los niños, además tienden a creer, de manera similar a lo propuesto por diSessa, que el reposo es el estado natural de los cuerpos y que el movimiento tiene que ser explicado y que las fuerzas, entre otras magnitudes, son propiedades de los objetos. En la postura de Vosniadou el conocimiento está formado por un conjunto coherente de conceptos que forman una estructura compleja de conocimientos vinculados. Las dificultades que se observan en el proceso de aprendizaje estarían entonces asociadas al reemplazo de partes dentro de esta estructura. Esta reestructuración conlleva tiempo y resistencia en función de la habitualidad de su uso.

Para llevar estas ideas al plano de mediciones físicas respecto de cómo aprendemos, es necesario conectarlas con el funcionamiento físico del cerebro y la forma en que éste guarda y procesa la información asociada con los conceptos. En tal sentido se han desarrollado modelos basados en redes neuronales [7]. De acuerdo con estos modelos, los patrones de actividad de grupos de neuronas representan elementos de conocimientos y memoria. Cuando alguien usa un dado conocimiento, que está representado por un dado conjunto de neuronas, estas se activan [7]. La activación es altamente dinámica y puede ser encendida o apagada en

respuesta a cambios en el contexto tanto interno como externo. Muchos de los elementos de conocimiento pueden ser multimodales, generándose la activación ante muy diversos estímulos sensoriales y estructuras interpretativas, produciendo además activaciones en diversas partes del cerebro. Las redes neuronales resultan de la asociación de neuronas a través del crecimiento de sinapsis entre ellas. La asociación entre las neuronas puede variar en intensidad y se fortalece con las repetidas activaciones. Es así que una dada red de neuronas, asociada a un dado elemento de conocimiento, se torna más robusta con la práctica y la experiencia, que da lugar a repetidas activaciones de dicha red [4].

Debido a que la estructura del conocimiento está extendida en el cerebro y que las neuronas tienen una gran red de sinapsis, ciertos grupos de neuronas, que representan ciertos elementos de conocimiento, pueden estar múltiplemente conectadas a diferentes estructuras de conocimiento. El aprendizaje está asociado al crecimiento de nuevas conexiones sinápticas que conecten las diversas redes de conocimiento ya establecidas y que cambien la topología de dichas redes. En sí, el aprendizaje tiene lugar cuando ocurre la formación de nuevas redes a partir de las ya existentes, ya sea desarmando las viejas o reestructurándolas.

Los elementos básicos de conocimiento que los estudiantes poseen pueden identificarse como “recursos”. Un recurso puede identificarse como una red de conocimientos que representa o bien un elemento de conocimiento o un conjunto de conocimientos que el estudiante tiende a activar conjuntamente ante un dado estímulo [8]. Dado que los diferentes estudiantes pueden asociar sus conocimientos de distintas formas, cada uno de ellos puede establecer distintos tipos de redes y diferentes tipos de conexiones entre ellas. Un ejemplo de recurso es lo que diSessa propone como *p-prims*, elementos básicos, en muchos casos irreducibles, que permiten describir el mundo físico que nos rodea. Un punto importante sobre los recursos, y en particular las *p-prims*, es que estas no son correctas ni incorrectas. De hecho, el problema surge a partir de la utilización que se hace de ellas. Por ejemplo “una fuerza produce aceleración” es un recurso bien utilizado, pero “un desbalance de fuerzas es necesario para

que haya velocidad en un cuerpo” es incorrecto. El punto crucial para entender cómo ocurren los pensamientos es ver cómo es que se dan las activaciones de los recursos ante un dado estímulo, en cierto modo, por cuáles estímulos o ante qué combinación de ellos. Existen patrones de activación que corresponden a conjuntos de conexiones en los que la activación de un dado recurso de conocimiento da lugar a la activación de otro dado conjunto de recursos. La estructura que un estudiante activa depende en general, de las claves que el individuo percibe y cómo son interpretadas. El caso de, por ejemplo, la resolución de problemas en los que se trate de calcular el movimiento de un cuerpo, puede implicar la activación de la red que contenga la información sobre la segunda ley de Newton. La clave en el conocimiento es no solo que ante la explícita mención de “ley de Newton” se active esa red sino que se haya logrado una red de interconexiones que permita la activación de varios conjuntos de redes que sean útiles para la resolución de ciertos tipos de problemas [4]. Por ejemplo, que ante la mención de la descripción del movimiento se activen las redes de conocimientos que tienen que ver no solo con la dinámica, sino también, por ejemplo, con las redes asociadas a los conceptos de energía y cinemática. Ocurre que cuando los estudiantes aprenden, y en general en los tipos de clases que regularmente se imparten en las escuelas o en las universidades, estos crean estructuras de conocimientos que están débilmente conectadas y que pueden identificarse como locales. Por ejemplo, ellos aprenden cinemática, o dinámica o energía y estos conceptos están débilmente conectados. Tal es así que cuando se les dice que resuelvan un dado problema por dinámica quizás lo hagan correctamente. Ahora, ante la situación en la que no se les dice con qué recursos resolver, entonces pueden fallar en la resolución o utilizar un camino más complejo que no optimice la resolución. En tal sentido sus conceptos son superficiales y no están fuertemente interconectados. Lo mismo ocurre con sus conocimientos de matemática, estos pertenecen a otra categoría de conocimientos y no están, en general, conectados. Los conceptos adquiridos son en general fuertemente dependientes del contexto. Eso es lo que distingue a los novatos de los expertos. Ante un dado problema, los novatos

activan una dada red de conocimientos, que depende de las claves que identifique. Ante el mismo problema y las mismas claves, un experto activa un conjunto mucho mayor de recursos que implica la gran interconexión de sus redes de conocimientos [9].

Los antes mencionados son modelos de construcción de conocimientos basados tanto en redes neuronales como en teoría de la cognición. Sin embargo, no ha sido establecida una conexión firme entre dichas teorías y la dinámica de distintas regiones neuronales. Solo hay incipientes estudios que involucren parámetros físicos (datos electroencefalográficos o de fMRI) que intentan establecer cómo se da la estructuración del conocimiento y si las dimensiones de las redes de neuronas del cerebro son más grandes o no al hacer la comparación entre novatos y expertos. Hay otros estudios que han iniciado dicho camino utilizando técnicas de *eye-tracking* para analizar la influencia de las CE y las *p-prims* en el desarrollo de la experticia en ciencias físicas [10,11]. En particular, diversos estudios se han realizado recientemente en los que se analizan los patrones de observación de estudiantes de distintos niveles de formación sometidos a pruebas sobre problemas de física y han analizado los sectores en los cuales los novatos y los expertos “miran” al momento de resolver las pruebas [10,11]. Estos estudios permiten ver, fundamentalmente, qué cosa el cerebro considera relevante al momento de analizar un problema dado.

3. ¿Cómo enseñamos?

Como mencionamos en la introducción, al momento de dar clases, todos creemos saber qué es lo que debemos hacer. Sin embargo un análisis de los resultados obtenidos muestra que podría haber dificultades con dichas metodologías. En el caso de la UNS concretamente, podemos ver en la Fig.1 los resultados de las cursadas de los alumnos que ingresan en el primer año en todas las carreras de ingeniería. En el gráfico se muestra el número de desaprobados correspondiente a cada año desde el 2000 y hasta el 2014. Es de destacar que en dichos resultados se presentan datos correspondientes a distintos profesores, con distintas metodologías de enseñanza, distintos conjuntos de ayudantes de cátedra, etc. Como puede apreciarse, Álgebra y

Geometría y Análisis Matemático I muestran patrones similares de desaprobación y el número de alumnos desaprobados ha ido creciendo levemente. En todos los casos supera al 50% de los alumnos que comienzan la cursada. Por otro lado, Análisis Matemático II y Física I, también presentan patrones similares de desaprobación y ambas han crecido sistemáticamente desde alrededor de un 20% en el año 2000 hasta del orden del 55% en el 2014. En cierto modo, los resultados observados sugieren que la metodología utilizada no es suficientemente buena como para hacer que los alumnos aprendan lo que es necesario saber de acuerdo con la metodología de evaluación establecida en los cursos. Por otro lado, tomando un cuatrimestre en particular, podemos analizar cómo ocurre el proceso de EA en cada aula, de la materia Física 1.

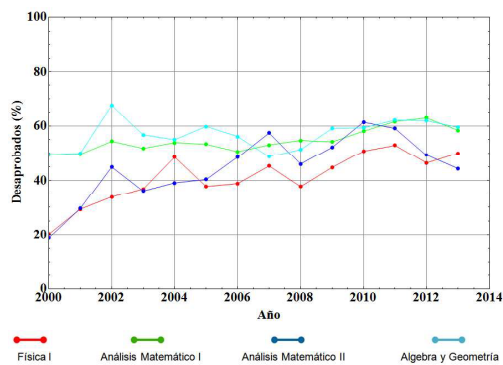


Figura 1. Número de alumnos de Ingeniería de La UNS desaprobados en cada cuatrimestre, desde el año 2000 al 2014.

Para ello, desarrollamos un cuestionario que incluye preguntas básicas de MC en las cuales se buscaba probar la presencia de las *p-prims*. Tomamos este cuestionario a todos los alumnos de ingeniería de todos los cursos a lo largo de los años 2014 y 2015. Solo uno de los cursos era dictado por un docente que tenía conocimiento sobre las *p-prims*. La clase se desarrollaba basándose en la discusión constante con los alumnos y haciendo evidente las concepciones erróneas que los alumnos traen. Se hacía hincapié en esos tópicos de manera de reemplazar los conceptos erróneos por los correctos y de generar conexiones entre los conceptos correctos pero aislados que ya traían los alumnos. En la Fig. 2 este curso se identifica como Curso 1. El Curso 2 es otro curso de Física 1 que se

desarrolla simultáneamente en la UNS en cada cuatrimestre. En la figura se comparan los resultados de los parciales tradicionales de cada curso con el resultado del testeo conceptual. En el curso 1 los porcentajes de aprobación del testeo conceptual son más altos que en el curso 2 (37% del 1 contra el 13% del curso 2), a pesar de que las notas de los parciales tradicionales indican un mejor desempeño en los mismos por parte de los alumnos del curso 2 (50% para el curso 1 – 64% para el curso 2).

Esto podría indicar que, si entendemos al proceso de EA como una metodología para que los alumnos construyan sus propias teorías marco y que lo hagan con el fundamento teórico adecuado para llevarse concepciones científicas correctas, la enseñanza en las aulas debería realizarse de manera de evidenciar la presencia de las *p-prims* y fomentando la discusión sobre las mismas en clase.

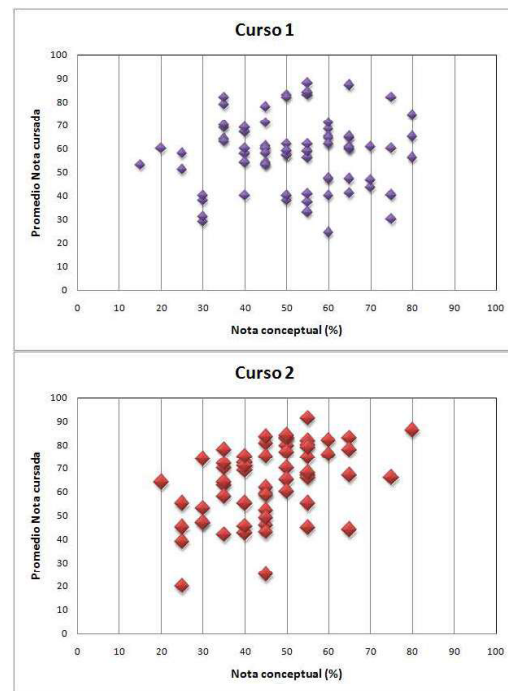


Figura 2. Comparación entre la nota promedio de cursada de Física 1 y el desempeño de los alumnos en el test conceptual.

Cabe destacar que al momento de responder el cuestionario ya habían sido evaluados en la cursada los contenidos del test, esencialmente cinemática y dinámica de una partícula puntual.

Los resultados claramente muestran una fuerte presencia de las *p-prims* aún después de que se han dado por aprendido los conceptos básicos de la materia.

En las Fig. 3a y 3b mostramos los resultados obtenidos para 2 de los 20 problemas del test.

En el teórico 1, la situación planteada era la siguiente: Se toman un disco de hockey de masa 2.5 Kg, y un cilindro, cuya base tiene las mismas dimensiones que el disco de hockey, que pesa 25 Kg y se los lanza con una velocidad de 5 m/s en la misma dirección. El coeficiente de rozamiento entre ambos discos y el hielo es de 0.1. Luego de recorrer cierta distancia los cuerpos se detienen.

- A) Los dos recorren la misma distancia.
- B) El disco de hockey llega más lejos.
- C) El cilindro llega más lejos.
- D) Ninguna de las respuestas anteriores es correcta.

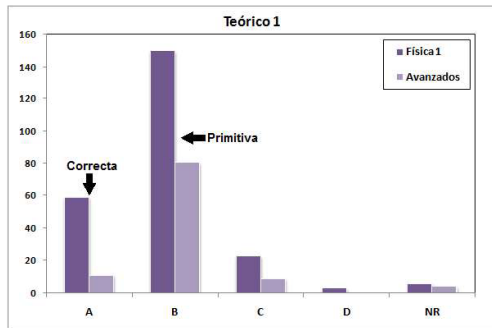


Figura 3a. Ejemplo de los problemas del test conceptual. Una sola es la respuesta correcta y una opción está asociada a la primitiva que se quería evidenciar.

El teórico 2 planteaba: La tierra es 81 veces más masiva que la Luna y la distancia que las separa en su órbita casi esférica es de, aproximadamente, 384000 km. La fuerza que la Tierra ejerce sobre la Luna es:

- A) ¿mayor que la que la Luna hace sobre la Tierra?
- B) ¿igual que la que la Luna hace sobre la Tierra?
- C) ¿menor que la que la Luna hace sobre la Tierra?
- D) No se puede responder con los datos dados.

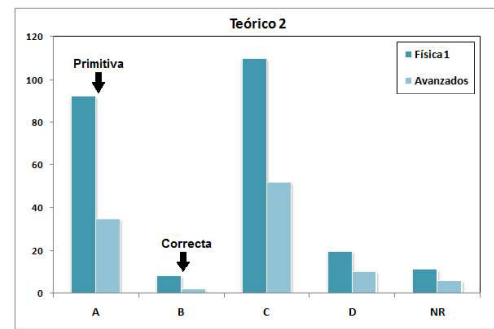


Figura 3b. Ejemplos de los problemas del test conceptual.

En la Fig. 4 reportamos los resultados que se obtuvieron para alumnos avanzados de los terceros años de las ingenierías. Estos alumnos ya habían aprobado el final de Física 1, pero ninguno había tomado un curso en el cual se utilice la metodología que hace explícita la presencia de las *p-prims*. Solo el 25% de los mismos fue capaz de aprobar dicho test (60% o más de respuestas correctas).

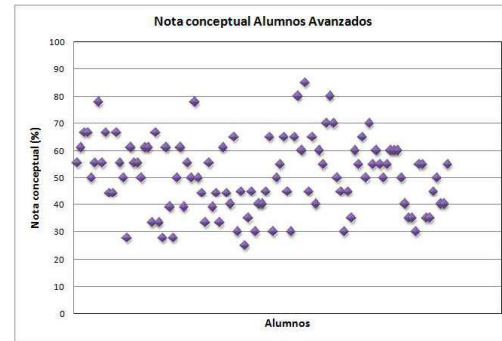


Figura 4. Resultados generales del test para alumnos avanzados de ingeniería.

Estos resultados son altamente significativos y ponen en evidencia, por un lado la fuerte influencia de la intuición y de las primitivas sobre los alumnos, quienes al tiempo de formar parte de un curso de física vuelven a recurrir a sus fundamentos originales para justificar los fenómenos que ocurren a su alrededor, evidenciando una resistencia al cambio conceptual.

Y por otro lado, una necesidad de modificar la forma de enseñar. En base a estos resultados se propone desarrollar clases de manera que se establezcan discusiones sobre los varios temas presentados, en las cuales los alumnos verbalicen los conceptos que traen aprendidos de manera de que puedan cotejarlos con lo que la teoría formal establece. De esa forma podrían darse cuenta de cuáles son sus errores en la fundamentación y qué conexiones deberían establecer entre los varios conceptos acertados, para finalizar el curso con las concepciones científicas adecuadas y firmes en el tiempo. Por otro lado, ocurre normalmente que si el alumno no se involucra en las discusiones puede ocurrir que él mismo crea haber aprendido un concepto y simplemente se queda con la idea que tenía del mismo al momento de comenzar el curso. La única manera de que ponga en duda y reemplace lo incorrecto por lo correcto, es que lo ponga a prueba mediante un proceso que lo haga dudar.

4. ¿Cómo evaluamos?

En la sección anterior hemos comparado resultados basados en evaluaciones. Generalmente asumimos que dichas evaluaciones nos permiten saber cuánto han aprendido los alumnos. Sin embargo, al cotejar las evaluaciones tradicionales con las del testeo conceptual vemos que lo que creemos puede que no sea tan cierto. ¿Cuál es el rol de las evaluaciones? Podríamos decir que hay al menos cuatro objetivos en evaluar: a) acreditar conocimientos, competencias o capacidades; b) dar una devolución al alumno y al profesor del proceso de aprendizaje en sí; c) nos permite saber si la persona que está aprendiendo va por el buen camino o no y d) sirve para dar cuentas a la sociedad sobre cómo se educa a los ciudadanos. De entre esas varias posibilidades, las acepciones que deberíamos poner en práctica en el aula son la b) y la c), sin embargo generalmente no ocurre eso. Los exámenes parciales no se utilizan con esa idea en mente, más bien es la a) la opción más utilizada. De hecho, el resultado mostrado por el testeo conceptual muestra que las cosas no se están haciendo bien y en buena medida los exámenes tradicionales contribuyen a ello. Si los alumnos se preparan simplemente para aprobar los exámenes y no para aprender, luego de un corto período de tiempo olvidan lo que estudiaron. Para evitar esto,

creemos que se deben reformular las evaluaciones de manera que los exámenes se ajusten más a las definiciones b) y c) mencionadas. En tal sentido, hemos implementado recientemente exámenes basados en la metodología *peer instruction*. Para ello hemos desarrollado la plataforma web *votaGus* en la cual los alumnos trabajan durante el examen (<http://www.votagus.16mb.com>). Por un dado período de tiempo ellos trabajan individualmente y al finalizar envían sus resultados, ver Fig. 5. Inmediatamente después, los alumnos trabajan nuevamente en el mismo examen discutiendo las soluciones en forma grupal. Luego de un dado período, cada alumno individualmente dentro de su perfil del sistema, envía nuevamente los resultados obtenidos para los problemas propuestos.



Figura 5. Alumnos desarrollando parte de su examen parcial con *votaGus*.

De esta manera, el examen mismo le sirve como una forma de evaluación metacognitiva al mismo tiempo que verifica con sus pares las distintas posibles soluciones y concluye cuál es la correcta. La nota de cada alumno resulta de un promedio pesado entre las notas obtenidas. Esta, a su vez, se promedia con la calificación proveniente de los trabajos de laboratorios desarrollados a lo largo del cuatrimestre. El trabajo de laboratorio incluye un proyecto desarrollado a lo largo de un mes y medio por grupos de alumnos. Dicho proyecto debe ser presentado y defendido ante la cátedra y ante el resto de los alumnos del curso. De esta manera los alumnos se comprometen fuertemente con el curso y, por otro lado, el espíritu mismo de la evaluación cambia. Ellos al percibir estos cambios se involucran fuertemente con aprender y con sortear las dificultades que van

surgiendo más que con simplemente estudiar para un examen y luego olvidar.

5. Conclusión

En este trabajo hemos discutido varios de los aspectos que tienen que ver con el proceso de EA. Hemos discutido cómo se da el proceso de aprendizaje desde tres posturas diferentes y también por qué es importante saber acerca de esto. En la segunda parte del trabajo vimos que el supuesto aprendizaje que debería estar ocurriendo en los cursos tradicionales de física en la universidad, no ocurre eficientemente. Los resultados muestran que los conceptos no son fijados ni durante el curso y menos aún posteriormente, luego de haber rendido los exámenes finales correspondientes a dichos cursos. Discutimos también cuál podría ser una metodología más eficiente, que en combinación con un proceso de evaluación como el discutido en la sección 4 puede conducir a un mejor desarrollo y a una enseñanza con aprendizaje más efectivo.

6. Referencias

[1] H. Gardner. "La mente no escolarizada". Paidós. Buenos Aires, Argentina. 2008.
[2] A. A., Disessa y B. L., Sherin. "What changes in conceptual change?". International journal of science education. 20. 10, pp.1155-1191. 1998.

[3] B. L., Sherin, M., Krakowski y V.R., Lee. "Some Assembly Required: How Scientific Explanations Are Constructed During Clinical Interviews". Jour. Res. Sci. Teach. 49. 2, pp. 166-198. 2012.
[4] M. S., Sabella y E. F., Redish. "Knowledge organization and activation in physics problem solving". Am. J. Phys. 75. 11, pp. 1017-1029. Noviembre 2007.
[5] M. McCloskey "Naive theories of motion" In D. Gentner & A.L. Stevens. Mental models. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 1983.
[6] C., Ioninades y S., Vosniadou. "The changing meanings of force". Cognitive Science Quarterly. 2. 5, pp. 5-61. 2002.
[7] J. Fuster. "Cortex and Mind: Unifying Cognition". Oxford University Press. 16va ed. pp. 294. 2003.
[8] H. L., Roediger III y K. B., McDermott. "Creating False Memories: Remembering Words Not Presented in Lists". J. Exp. Psychol.: Learn. Mem.Cogn. 21. 4, pp. 803-814. 1995.
[9] J. Fuster. "Cortex and Mind: Unifying Cognition". Oxford University Press. Reino Unido. 1, pp. 294. 2003.
[10] A. D., Smith, J. P., Mestre, B. H., Ross. "Eye-gaze patterns as students study worked-out examples in mechanics". Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 6. pp. 020118-1/9. Octubre 2010.
[11] A. M., Madsen, A. M., Larson, L.C., Loschky y N., Sanjay Rebello. "Differences in visual attention between those who correctly and incorrectly answer physics problems". Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 8. 1, pp. 010122-1/13. Mayo 2012.