

Física 1⁺⁺: Aulas de aprendizaje cooperativo para estudiantes que recursan



Sandra Kahan, Adriana Auyuanet, Federico Davoine y Cecilia Stari

*Instituto de Física, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República,
Julio Herrera y Reissig 565, C.P. 11.100, Montevideo, Uruguay.*

E-mail: skahan@fing.edu.uy

(Recibido el 25 de Febrero de 2014, aceptado el 25 de Junio de 2014)

Resumen

Este artículo presenta la metodología de enseñanza aplicada en un curso de física general basado en cálculo para estudiantes que lo cursan por segunda vez. El método combina las estrategias de aprendizaje cooperativo con la resolución de problemas ricos en contexto. El curso con esta modalidad se llama Física 1⁺⁺. Los resultados de la población objetivo se comparan con los resultados de los estudiantes que siguieron el curso tradicional (clases teóricas expositivas y de presentación de ejercicios). La aplicación de un análisis multifactorial exploratorio (EFA) a los resultados de las diferentes pruebas que rindieron los estudiantes permitió identificar dos factores principales asociados a estrategias de resolución de problemas de los estudiantes: Un primer factor puede ser identificado con estrategias de resolución de problemas, basadas en la aplicación de fórmulas, por su asociación a los resultados de las pruebas que rindieron la primera vez que atendieron el curso, en su modalidad tradicional. Un segundo factor puede ser identificado con el aprendizaje de conceptos, por su asociación a los resultados del post-test del Force Concept Inventory, aplicado al inicio y final de este curso.

Palabras clave: Aprendizaje cooperativo, física en contexto, análisis multifactorial exploratorio.

Abstract

This article presents an educational methodology, combining cooperative learning and context-rich problems, applied to a calculus based physics course for students who attend it by the second time. The results of this modality, called "Física 1⁺⁺" are compared to those obtained by the students who attend the traditional course (theoretical lectures and exercises presentations). The application of the exploratory multi-factorial analysis (EFA) to the results of several examinations allowed identifying two key factors associated to the problem-solving strategies of the students. The first factor can be identified with strategies based on the mechanical use of mathematical relationships because it can be connected with the examinations' results obtained by the students when they attend the traditional course for the first time. The second factor can be linked with concepts' learning, due to its association with the Force Concept Inventory post-test, applied at the beginning and at the end of this course based on cooperative learning.

Keywords: Cooperative Learning, Physics in Context, Exploratory Factorial Analysis.

PACS: 01.55+b, 01.40.gb, 01.50.kw

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Física 1 es un curso que se instrumenta en el primer semestre de las carreras de la Facultad de Ingeniería. Se trata de un curso de física general basado en cálculo, que discute temas de mecánica de la partícula y el rígrado.

Tradicionalmente, este curso se dicta en un formato de tres horas semanales de clases teóricas y tres horas semanales de clases de resolución de ejercicios, divididas en dos sesiones de una hora y media. Las clases teóricas (muy numerosas) son expositivas. En las clases de ejercicios, el docente suele exponer estrategias de resolución de problemas con la espontánea participación de los estudiantes. Con el objetivo de cambiar esta tendencia, en el segundo semestre se implementó una metodología de enseñanza y

los estudiantes. Posteriormente, responder dudas que surgieron durante la etapa de aprendizaje individual de los estudiantes, fuera del aula.

El curso Física 1 se dicta en ambos semestres lectivos.

Aproximadamente un 70% de estudiantes que ingresan reprueban el curso tradicional del primer semestre; aproximadamente un 20% de los estudiantes que reprueban el primer semestre se desvinculan de la Facultad. El 65% de los estudiantes que cursan Física 1 en el segundo semestre son estudiantes que reprobaban el curso del primer semestre. Ediciones tradicionales del curso del segundo semestre han demostrado que se reiteran los bajos índices de aprobación y altos índices de desvinculación. El aprendizaje alternativo (para parte de la población) que integra los conocimientos teóricos con la resolución de

problemas: la modalidad de trabajo fue el Aprendizaje Cooperativo.

Paralelamente, el resto de la población sigue el curso tradicional, constituyendo la población testigo de este trabajo. La evaluación sumativa es la misma para ambas poblaciones.

El artículo que aquí presentamos está organizado de la siguiente manera: en la sección II se describe el Aprendizaje Cooperativo, en la sección III se detalla el procedimiento de implementación del mismo en el curso de Física 1. En la sección IV se presenta la Herramienta Diagnóstica al Ingreso (HDI) y en la sección V el Force Concept Inventory (FCI). Los resultados son analizados a la luz de la HDI en la sección VI y en la sección VII se presenta el Análisis Multifactorial Exploratorio de los mismos. Finalmente en la sección VIII se presentan las conclusiones.

II APRENDIZAJE COOPERATIVO

El Aprendizaje Cooperativo existe cuando los estudiantes trabajan juntos para alcanzar metas de aprendizaje compartidas. Cada estudiante puede llegar a la meta, sólo si los otros integrantes del grupo llegan a sus metas [1]. Heller & Co [2] han sido pioneros en la aplicación de esta metodología de trabajo en cursos de Física, tanto en actividades de resolución de problemas como en actividades de laboratorio, a lo largo del curso.

El aprendizaje cooperativo que se aplica mayoritariamente en la enseñanza de la física al inicio de la universidad consiste en la organización de los estudiantes en pequeños grupos estables, a lo largo del semestre. A veces, la integración del grupo es determinada por el equipo docente que conforma grupos heterogéneos de acuerdo a ciertos criterios: resultados académicos previos, multiplicidad étnica, etc. [2] [3]. Cada grupo cumplirá su objetivo de aprendizaje a través de la comunicación de ideas entre los integrantes para acordar los conceptos, habilidades y estrategias a ser aplicadas en una situación problemática particular.

Los estudiantes pueden tener la capacidad de resolver ejercicios rutinarios pero fallan a la hora de transferir lo aprendido en determinadas circunstancias a otros contextos porque ello requiere la aplicación de conceptos [5]. Para garantizar que el estudiante ha aprendido los conceptos y puede transferirlos a situaciones más complejas, se recomienda la resolución de problemas contextualizados en anécdotas de la vida real [5, 6]. Sin embargo, la dificultad que presenta a un estudiante aislado esa clase de problemas, excede en muchos casos su capacidad de análisis individual, generándole incertidumbres a la hora de decidir qué modelos aplicar. El trabajo en la modalidad cooperativa provee el soporte de aprendizaje necesario como para que los integrantes del grupo desarrollen la capacidad de transferir el conocimiento a problemas cotidianos, los cuales requieren estrategias más complejas que la resolución de los problemas de final de capítulo [7].

Entre las muchas perspectivas del aprendizaje cooperativo [8], entendemos que ese ambiente posibilita que los estudiantes expliciten sus concepciones alternativas, en el seno de un grupo de confianza y la discusión entre pares ayude a transformarlas en conceptos científicamente aceptados [9, 10, 11]. Vosniadou [12] indica que el cambio conceptual no es sólo un proceso cognitivo personal sino que está influenciado significativamente por factores socioculturales que la dinámica de aula debe favorecer.

Igualmente, el aprendizaje cooperativo, al promover la comunicación de las ideas y la necesidad de síntesis por parte de todos los integrantes del grupo, motiva que los estudiantes reflexionen y hagan una síntesis de los conceptos, tácticas y estrategias (metacognición) que emplearon en la resolución de problemas y esto redundará en un aprendizaje más duradero [13].

III METODOLOGÍA

Desde el año 2011, se propone a estudiantes re-cursantes una modalidad de aula alternativa a las clases regulares, basada en las dinámicas del aprendizaje cooperativo y motivadas por la resolución de problemas ricos en contexto.

La modalidad adoptó el nombre de Física 1++. Este trabajo expone los resultados de la experiencia instrumentada en los años 2011 y 2012.

El curso utiliza como bibliografía básica el libro Física, Vol. 1, Resnick, R., Halliday, D. & Krane, K. y como bibliografía complementaria los libros: Física, Vol. 1, P.A. Tipler, y Física, Vol. 1, R.. Serway [14].

Las actividades se organizan por unidades temáticas. En cada unidad temática, se le entrega a los estudiantes una o dos hojas de problemas, diferente a las del curso tradicional pero de características similares: los primeros ejercicios son de aplicación directa de los conceptos trabajados en el aula para posteriormente plantear situaciones problemáticas de complejidad creciente para el estudiante [15]. El estudiante debe realizar esta hoja de ejercicios fuera del aula.

El curso tradicional y de aprendizaje cooperativo se aprueban mediante la realización de las mismas dos pruebas parciales de múltiple opción. Dependiendo de los puntajes obtenidos, el estudiante puede exonerar el examen final, aprobar el curso, quedando habilitado por rendir el examen final o reprobado el curso.

En el año 2011 (2012) se instrumentaron 2 (3) grupos de un máximo de 32 estudiantes atendidos por dos docentes (un Profesor y un Asistente). Cada grupo dispone de tres sesiones semanales de dos horas cada una y trabaja en la modalidad de aprendizaje cooperativo, conformando subgrupos de 4 estudiantes. El trabajo de aula se complementó con la utilización de la plataforma Moodle de la Facultad. Asimismo, para promover el trabajo cooperativo, Física 1++ dispone de aulas con mobiliario flexible que posibilitan que los estudiantes se sientan alrededor de una mesa de trabajo o atiendan el pizarrón, de acuerdo al tipo de actividad programada.

Parte del equipo de trabajo había participado de instrumentaciones previas basadas en el aprendizaje

cooperativo [16] concebidas como complementarias a las actividades de los cursos regulares y, por lo tanto, de una sola sesión semanal de dos horas. En cambio, Física 1⁺⁺ consiste en tres sesiones semanales de dos horas, lo que permite afianzar los vínculos sociales entre los estudiantes a la interna de cada grupo de 4 integrantes, entre estudiantes del turno y entre los estudiantes y el equipo docente.

El cronograma de trabajo en el aula es planificado mediante reuniones entre los docentes de Física 1⁺⁺. La planificación es realizada por unidad temática. Cada semana los docentes indican a los estudiantes qué secciones de los libros del curso deben leer. La comprensión de dicho material bibliográfico se evalúa mediante un breve cuestionario en línea que el estudiante debe responder, antes de concurrir a clase. De las respuestas a estas autoevaluaciones, es posible determinar que los estudiantes no leen o no logran comprender los conceptos estudiados por lo que el docente debe hacer una puesta a punto inicial.

En la primera etapa, al principio de cada unidad temática, los docentes realizan una breve discusión de los conceptos teóricos. Para ello, se utilizan como insumo los errores más comunes que cometieron los estudiantes en la autoevaluación en línea. Luego, se trabaja promoviendo la discusión colectiva de situaciones problemáticas, elegidas a los efectos de detectar errores conceptuales, bajo la moderación del profesor que atiende el grupo.

En la segunda etapa, cada subgrupo trabaja en la resolución de problemas “ricos en contexto”. El docente interviene oportunamente cuando surgen dudas y está atento a los diferentes razonamientos que van surgiendo en cada grupo. Se busca motivar las discusiones dentro de los grupos sobre los diferentes puntos de vista, modelos mentales sobre el problema y estrategias alternativas de resolución.

En una tercera etapa, también moderada por el docente, los subgrupos exponen en el pizarrón los ejercicios de la hoja de problemas, discutiéndolos con el resto de los estudiantes del grupo. El rol de los docentes consiste en colaborar en el desarrollo de las exposiciones y complementarlas con comentarios o preguntas, de forma de generar discusiones. En el caso de que los estudiantes se equivoquen en la exposición, los docentes buscan que ellos mismos y sus compañeros detecten los errores conceptuales y los corrijan.

De la segunda y tercer etapa de trabajo, es posible verificar que las estrategias acordadas dentro de los subgrupos no son, en general, de tipo ‘plug-and-chug’ [17], aunque en las primeras semanas, son muchos los estudiantes que proponen esas estrategias al grupo. Éste se auto-regula aplicando estrategias que requieren la aplicación de los conceptos porque los ejercicios y problemas (aún los de final de capítulo) se plantean para ser resueltos en forma paramétrica y porque los problemas ricos en contexto requieren de un acuerdo representacional a la interna del subgrupo. Los docentes exponen al grupo estrategias de resolución, sólo cuando detectan un abordaje conceptual o procedimental inapropiado particular de un subgrupo o generalizado.

IV LA HERRAMIENTA DIAGNÓSTICA AL INGRESO (HDI)

La Facultad de Ingeniería aplica, al inicio de la carrera, la Herramienta Diagnóstica al Ingreso (HDI). Las carreras de ingeniería son de libre acceso a todos los egresados de la Enseñanza Media (aprox. 1000 estudiantes) que completaron su bachillerato en áreas científico-tecnológicas. La HDI incluye (en formato múltiple opción) preguntas de Física, Matemática, Química y Comprensión Lectora, además de otras componentes (Expresión Escrita, Motivación, Estrategias de Aprendizaje y Estilos Cognitivos) que profundizan en una línea de investigación de diagnóstico de las características de la población ingresante [18].

Cada pregunta de opción múltiple se evalúa de acuerdo a 4 niveles de desempeño (Nivel 1: adquisición de información; Nivel 2: interpretación de la información; Nivel 3: análisis de información y realización de inferencias; Nivel 4: estrategias de investigación científica). La selección de estos desempeños (y no otros) implicó una opción teórica sobre modelos de aprendizaje en la enseñanza de las ciencias [18].

Preguntas del Force Concept Inventory, Mechanics Baseline Test (MBT) [19] y Brief Electromagnetism Assessment (BEMA) [20], son aplicadas en la componente de Física de la Herramienta Diagnóstica al Ingreso (HDI).

Al cabo de 3 años (2008-2010), en la componente de Física se aplicaron sólo preguntas del FCI, resultando un índice de suficiencia inicial $S_i = 50 \pm 2\%$, sobre toda la población ingresante.

V EL FORCE CONCEPT INVENTORY (FCI).

Como es conocido, el FCI [19] es un test que se aplica para evaluar la ganancia (pre-test y post-test) que tienen los estudiantes en la comprensión de los conceptos de cinemática y dinámica de la partícula, como consecuencia de los cursos básicos de Física.

Medidas comparando ganancia entre pre y post-test en el FCI, demuestran las ventajas del aprendizaje cooperativo, en particular, si se tiene en cuenta su resultado comparativo en grupos sociales (étnicos o de género) [3, 21, 22]. Las mujeres suelen tener mayores dificultades en el aprendizaje de la Física y muestran mayor nivel de desvinculación en las carreras de la Facultad de Ingeniería [18].

El FCI se aplicó en la primer clase del curso Física 1⁺⁺ en el año 2012, resultando un índice de suficiencia $S_i = 43\%$; un índice bastante alto si se tiene en cuenta que dicha población está re-cursando la asignatura que reprobó en el primer semestre. Comparando este resultado con el de aplicar el FCI al final del curso ($S_f = 63\%$), se mide una ganancia normalizada $G_N = 34\%$, la cual se toma como índice de medida del aprendizaje conceptual y se define como:

$$G_N = \frac{S_f - S_i}{100S_i} \quad (1)$$

El resultado está entre los valores esperados para cursos que instrumentan trabajo cooperativo. Como confirman varios autores [23, 24], en promedio, dicha ganancia es de 20% en los cursos tradicionales, 37% en cursos en los que el estudiante resuelve ejercicios individual o cooperativamente y de 43% cuando los estudiantes trabajan en la modalidad taller. Si, además, se tiene en cuenta el índice inicial de suficiencia S_i , el curso Física 1++ se posiciona en el borde superior de los datos presentados por Hake [25] sobre un total de 32 universidades muestreando el resultado de 4832 estudiantes.

En otras palabras, es comparable con los resultados que se obtienen al aplicar metodologías de enseñanza con participación activa de los estudiantes.

VI RESULTADOS DEL CURSO Y SU RELACIÓN CON LA HDI

Muchos son los trabajos que comparan el resultado académico de grupos de aprendizaje cooperativo con métodos de enseñanza tradicionales. A veces, no se observan diferencias significativas porque se comparan sólo índices de aprobación, sin tener en cuenta por ejemplo, el estado inicial de conocimiento de los estudiantes o su contexto social [5].

En la tabla I se explicitan los resultados del curso tradicional y Física 1++ para la generación que cursó la modalidad en el año 2011. Similares porcentajes se observan para el curso 2012. En el índice de aprobación de la asignatura se incluye a los estudiantes que exoneraron el examen y a los que, habiendo aprobado el curso, aprobaron el examen final que se aplica dos semanas después de finalizado el curso. Los porcentajes de aprobación de la asignatura y del curso para los estudiantes que cursaron Física 1++ son superiores a los del resto de la población.

Con el objetivo de caracterizar mejor a la población de Física 1++ y a la población del curso tradicional, la figura 1 compara los resultados del curso en relación al resultado global del HDI (RG-HDI) en sus cuatro componentes: Matemáticas, Física, Química y Comprensión Lectora.

Como se indicó, los estudiantes que forman parte de este estudio cursan por segunda vez la asignatura que reprobaron en el semestre anterior. Por esa razón, la figura 1 muestra que los RG-HDI de quienes siguieron el curso tradicional y, también, Física 1++ se ubican en valores intermedios. Los ingresantes que obtuvieron mejor RG-HDI no conforman esta población porque ya aprobaron la asignatura en el primer semestre, mientras que los que obtuvieron un bajo RG-HDI tampoco la conforman porque la no obtención de créditos en el semestre anterior, condiciona grandemente su decisión de no proseguir estudios de ingeniería en el segundo semestre.

TABLA I. Resultado del curso F1++, comparado con el resultado de la modalidad tradicional para los estudiantes que cursaron en el 2011.

2011	Física 1 tradicional	Física 1++	Total (2do semestre)
Nº Estudiantes	355	55	410
Exoneran examen	27 (7.6%)	13 (24%)	40 (9.8%)
Aprueban curso	114 (32%)	18 (33%)	132 (32%)
Aprueban asignatura (total)	59 (17%)	19 (35%)	78 (19%)

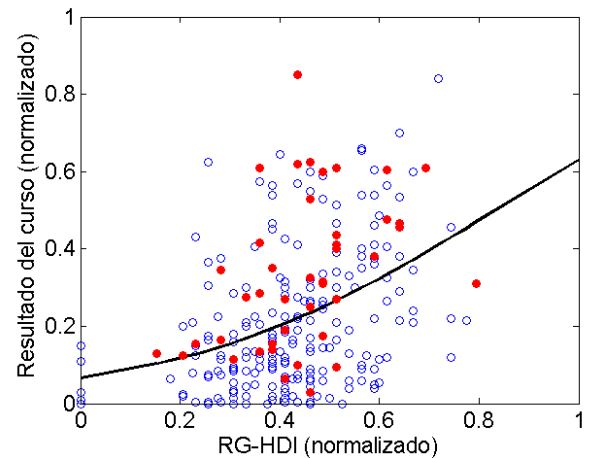


FIGURA 1. Resultado del curso para los estudiantes de Física 1++ (círculos rojos rellenos) en comparación con los resultados de toda la población (círculos azules), en función del resultado global de la Herramienta Diagnóstica al Ingreso (RG-HDI). La línea continua indica el ajuste de los resultados de toda la población a una función logística (ver texto).

Para estimar qué resultado de curso es posible esperar, de acuerdo al RG-HDI de cada estudiante, se ajustó una función logística [26] a toda la población que participó del curso de Física 1 en el segundo semestre. Esa función es la que mejor pone de manifiesto los alcances diagnósticos de la HDI, dado que de acuerdo a la teoría de la respuesta al ítem (IRT), los estudiantes con mayor RG-HDI aprobarán la asignatura con el mejor puntaje, mientras que los que obtuvieron bajo puntaje, reprobarán la asignatura [27].

Considerando ese ajuste, se observa que (aprox.) el 74% de los estudiantes que participaron del curso Física 1++ quedaron por encima de esa curva, mientras que sólo el (aprox.) 44% de estudiantes que participaron del curso tradicional, obtienen un resultado en el curso por encima del valor esperado, de acuerdo a la regresión logística.

Los resultados del curso Física 1++ son mejores en porcentaje, de acuerdo a los datos explicitados en la tabla I, cuando se los compara con la población que siguió el curso tradicional.

VII ANÁLISIS FACTORIAL EXPLORATORIO

El análisis cuantitativo de la sección anterior pone de manifiesto que los estudiantes de Física 1⁺⁺ tienen mejores índices de aprobación que los estudiantes que se inscribieron al curso tradicional. Para tener una nueva perspectiva de cuales son las competencias que tiene esta población estudiantil, utilizamos el análisis multifactorial exploratorio (EFA) de esos índices en conjunto con el FCI.

En este análisis la hipótesis es que todos los datos observables (resultado de N estudiantes en P pruebas o preguntas) puede reducirse a un número más pequeño de dimensiones o factores latentes. Esos factores latentes, se eligen aleatoriamente para maximizar el peso de los observables en esta nueva representación y así minimizar el error implicado en la nueva representación lineal, consecuencia del producto de la matriz de pesos y la matriz de factores latentes. La identificación de los factores latentes con determinadas habilidades cognitivas requiere de una interpretación plausible, guiada por la caracterización subjetiva de estudiantes y docentes de la población que se está estudiando pero, también, por el criterio de explicar la varianza de los datos [28, 29, 30].

Para realizar el análisis se tomaron los resultados de las siguientes pruebas: resultado global de la herramienta diagnóstica al ingreso (HDI), primer y segundo parcial del primer semestre del 2012 (1P-1S y 2P-1S), que los estudiantes de la población estudiada cursaron en modalidad tradicional, primer y segundo parcial del segundo semestre del 2012 (1P-2S y 2P-2S), cuando cursaron Física 1⁺⁺ y ambos resultados del FCI (FCI-pre y FCI-pos).

La Tabla II (ver también figura 2) muestra el resultado del análisis multifactorial exploratorio (EFA) en una y dos dimensiones de las siete variables descritas, para la población que cursó Física 1⁺⁺. La representación 1D considera la presencia de un único factor latente, o sea una única habilidad cognitiva que determina las respuestas de los estudiantes en las diferentes pruebas. El peso del resultado del FCI-post (0,8906) indicaría que el factor latente determinado por esta variable está fuertemente relacionado con la capacidad de los estudiantes de responder preguntas conceptuales de Física. El bajo peso de 1P1S y 2P1S sobre ese único factor latente, la alta variancia presentada por estas variables cuando se las quiere representar con un único factor y el hecho de que un único factor refleje sólo un 31,7% de la variancia de los siete datos (última columna de la tabla), pone de manifiesto que la representación mejoraría si se aumenta la dimensión del análisis. Para determinar la dimensión óptima en un análisis factorial exploratorio, se usa como criterio, que el peso de las variables sobre alguno de los factores latentes sea mayor que 30% [31].

La figura 2 muestra el análisis multifactorial 2D que posibilita interpretar los resultados de las siete pruebas en función de dos factores latentes. Este análisis explica el 48.8% de la variancia de las variables en el modelo, de acuerdo a la suma de los autovalores normalizados por el número de variables (última fila de la tabla II).

Uno de los factores latentes puede identificarse con la habilidad de responder preguntas conceptuales de Física dado que coincide (con peso 0,8975) con el resultado del FCI-pos. Por otro lado, el segundo factor latente coincide plenamente (con peso 0,9950) con el primer parcial del primer semestre (1P-1S) poniendo de manifiesto que, para los estudiantes de Física 1⁺⁺, el FCI-pos y el resultado de ese parcial no estarían correlacionados. Vale señalar que el carácter ortogonal que presenta esta población recursante en ambas pruebas no puede extrapolarse a toda la población que cursó F1 en el primer semestre.

TABLA II. Pesos y comunalidad del análisis factorial exploratorio (EFA) en una y en dos dimensiones.

EFA	1D		2D		
	Peso	Comunalidad	Peso Fact 1	Peso Fact 2	Comunalidad
HDI	0.3169	0.1004	0.3068	0.3069	0.1883
1P1S	0.0436	0.0019	-0.0032	0.9950	0.9900
2P1S	0.0617	0.0038	0.0744	-0.2867	0.0877
1P2S	0.5498	0.3022	0.5402	0.2021	0.3327
2P2S	0.6291	0.3958	0.6241	0.0741	0.9423
FCI-pre	0.7884	0.6216	0.7870	0.0105	0.6195
FCI-pos	0.8906	0.7931	0.8975	-0.0080	0.8055
PerVar	31.7 %	31.7%	31.5%	17.3%	48.80%

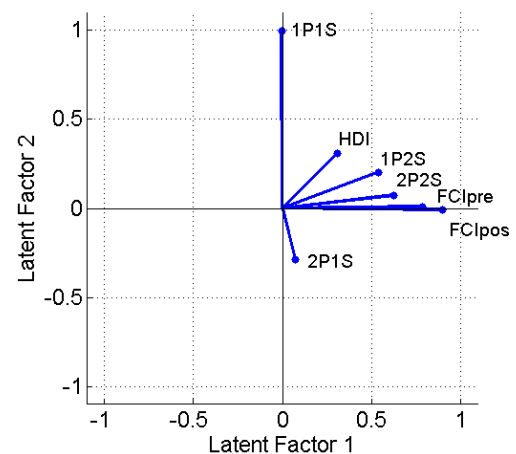


FIGURA 2. Representación del análisis multifactorial exploratorio 2D de las siete variables descritas en el texto para los estudiantes que cursaron F1⁺⁺ en el 2012.

Por otro lado, observando las proyecciones de los resultados de las pruebas del segundo semestre (1P-2S y 2P-2S) sobre ambos factores latentes, es posible apreciar la evolución de los estudiantes desde el factor latente identificado con 1P-1S, hacia estrategias que priorizan los “conceptos físicos”. El resultado del primer parcial (1P-2S) tiene pesos significativos en ambas variables, aunque su

proyección es más fuerte sobre el factor que representa la comprensión conceptual. En el segundo parcial del segundo semestre (2P-2S) el peso correspondiente al factor definido por 1P-1S es despreciable.

En función de ello, si el primer factor latente se identifica con los “conceptos físicos”, se puede suponer que el segundo se identifica con estrategias de resolución de problemas de tipo ‘plug-and-chug’ [17].

Esta hipótesis se refuerza al analizar la resolución de los problemas del primer y segundo parcial del segundo semestre (1P-2S y 2P-2S), así como la evolución de los estudiantes a lo largo del semestre en las etapas de resolución de problemas de física en contexto y exposición oral de los resultados por parte del estudiante (ver descripción en sección III).

El RG-HDI tiene pesos significativos (mayores a 0.3) en ambos factores latentes, demostrando que dicha prueba evalúa conceptos físicos pero que el estudiante también ha empleado en sus respuestas las estrategias de tipo ‘plug-and-chug’ de acuerdo con nuestra interpretación del factor latente asociado a 1P-1S.

El 2P-1S (previo a la realización del curso Física 1++) tiene un peso negativo importante sobre el factor latente identificado como “plug and chuck”. Ese resultado denunciaría que los estudiantes ni siquiera aplicaron esa estrategia en la resolución de esa prueba.

Para ajustar mejor los datos, podría realizarse un análisis 3D. Sin embargo, el análisis 3D hace que los resultados sean de difícil interpretación dado que el peso de todas las variables (menor a 0.6) sobre un tercer factor latente impide identificar a éste con alguna de ellas.

VIII CONCLUSIONES

Física 1++ es una experiencia educativa que satisface tanto a docentes como a estudiantes porque implica una mayor interacción entre los actores del proceso de enseñanza y aprendizaje. Entendemos que esta metodología, aplicada específicamente en el primer curso de Física, promoverá entre los participantes, buenas estrategias de estudio más allá de este curso, aún cuando los siguientes no las instrumenten explícitamente.

Debido a que la instrumentación del curso implica una asignación importante de horas docentes, no es posible reproducirla para toda la población recursante (aprox.) 450 estudiantes. Por esa razón se aplica a los estudiantes que, al cabo de una reflexión sobre sus estrategias de estudio, manifiestan la voluntad de dedicarse a la asignatura.

Al cabo de dos ediciones del curso Física 1++ es posible determinar que dicha metodología de enseñanza y aprendizaje mejora los resultados del curso de Física 1, si se la compara con la metodología de enseñanza tradicional y, particularmente, con los resultados de la población que asiste a clases expositivas de resolución de ejercicios, propias de la modalidad tradicional.

Asimismo, un análisis multidimensional ha demostrado que los resultados de los parciales del segundo semestre están fuertemente correlacionados con el aprendizaje de los

conceptos físicos involucrados. Se concluye que los estudiantes de Física 1++ abandonaron paulatinamente las estrategias de resolución de problemas basadas en la utilización de fórmulas por estrategias que se basan en la aplicación de conceptos, lo cual se verifica al analizar la forma en que los estudiantes presentaron la solución de los problemas en el primer y segundo parcial del segundo semestre.

El análisis detallado de las encuestas realizadas a los estudiantes al final del curso [9] y de cómo evolucionaron las estrategias de resolución de problemas a lo largo del semestre lectivo [32] serán objeto de un trabajo futuro. Se espera que dicho análisis, asociado a la impronta de cada grupo docente, permita mejorar la práctica docente en el curso Física 1++ pero, también, en otros cursos de Física Introductoria.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Comisión Sectorial de Enseñanza de la Universidad de la República por financiar la instrumentación de este proyecto en el año 2011.

Asimismo, agradecemos a los docentes que participaron de las diferentes ediciones del curso: Lucía Amy, Nahuel Barrios, Virginia Feldman, Daniel Gau, Alejandro Goday, Marcela Peláez y Pablo Pérez.

REFERENCIAS

- [1] Johnson, D. W. and Johnson, R. T., *Making cooperative learning work*, Theory into Practice **38**, Building community through cooperative learning, 67-73. Published by: Lawrence Erlbaum Associates (Taylor & Francis Group), (1999).
- [2] Heller, P. and Hollabaugh, M., *Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 2: Designing problems and structuring groups*, Am. J. Phys. **60**, 637-644, (1992).
- [3] Brewster, E. et al, *Toward equity through participation in Modeling Instruction in introductory university physics*, Phys. Rev. S. T. Physics Ed. Research **6**, 010106 (2010).
- [4] Bransford, J. D, Brown, A. L. and Cocking, R. R., editors, *How people learn*, (2008). <<http://www.nap.edu/openbook.php?isbn=0309070368>> (Consultado 21/02/2014).]
- [5] Enghag, M., Gustafsson, P. and Jonsson, G., *From everyday life experiences to physics understanding occurring in small group work with context rich problems during introductory physics work at university*, Research in Science Education **37**, 449-467, (2007).
- [6] Maloney D. P., *Research on problem solving: Physics*, in Handbook of Research on Science Teaching and Learning 327-354, edited by D. Gabel (MacMillan, New York, 1993).
- [7] Benegas, J. & Villegas, M., *Influencia del texto y del contexto en la resolución de problemas de física*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **5**, 210-224 (2011).

- [8] Slavin, R. E. *Co-operative learning: what makes group-work work?*, in *The nature of learning: using research to inspire practice*, (OECD Publishing, Paris, 2010).
- [9] Viennot, L., *Learning and conceptual understanding: beyond simplistic ideas, What have we learned?*, In: *Connecting research in physics education with teacher education*, edited by Matilde Vicentini and Elena Sassi (ICPE, Italia, 2008).
<<http://web.phys.ksu.edu/icpe/Publications/teach2/Viennot.pdf>> (Consultado 21/02/2014).
- [10] Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P., and Mortimer, E., *Constructing scientific knowledge in the classroom*, *Educational Researcher* **23**, 5-12 (1994).
- [11] Van Boxtel, C., Van der Linden, J., Kanselaar, G., *Collaborative learning tasks and the elaboration of conceptual knowledge*. *Learning and Instruction* **10**, 311-330 (2000).
- [12] Vosniadou, S. *The cognitive-situative divide and the problem of conceptual change*, *Educational Psychologist* **42**, 55-66 (2007a).
- [13] Solaz-Portolés, J. J., Sanjosé, V. & Gómez, C.B., *La influencia de las estrategias y motivación en la resolución de problemas: Implicancias para la enseñanza*, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **5**, 788-795 (2011).
- [14] Resnick, R., Halliday, D. & Krane, K., *Física*, Vol. 1, (CECSA, 3era. Edición, México, 2005).
- [15] Truyol, M. E., Gangoso, Z., *La selección de diferentes tipos de problemas de física como herramienta para orientar procesos cognitivos*. *Investigações em Ensino de Ciências* **15**, 463-484 (2010).
- [16] Kahan, S., Varela, S., Casaballe, N., *Proyecto Multimedia Estudiantil: una experiencia para motivar buenas estrategias de resolución de problemas de Física*, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **5**, 293-300 (2011).
- [17] Rebello, N. S., Cui, L., Bennett, A. G., Zollman, D. A., and Ozimek D. J., *Transfer of learning in problem solving in the context of mathematics & physics*. In: D. Jonassen (Ed.), *Learning to Solve Complex Scientific Problems*, (Lawrence Erlbaum, New York, 2007).
<<http://web.phys.ksu.edu/papers/2006/TransferInProblemSolving-FullChapter-v32.pdf>> (Consultado 21/02/2014).
- [18] Míguez, M., Crisci, C., Curiote, K., Loureiro, S., & Otegui, X., *Herramienta diagnóstica al ingreso a Facultad de Ingeniería: motivación, estrategias de aprendizaje y conocimientos disciplinares*, *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería* **14**, 29-37 (2007).
Documento de Trabajo de la Unidad de Enseñanza: *Estudio sobre deserción en Facultad de Ingeniería*, presentado al Consejo de la Facultad de Ingeniería el 30/05/2013.
- [19] Hestenes D., Wells M., and Swackhamer G., *Force Concept Inventory*, *Phys. Teach.* **30**, 141-158 (1992).
Hestenes, D., Wells, M., and Swackhamer, G., *Mechanics Baseline Test*, *Phys. Teach.*, **30**, 159-167 (1992).
Halloun, IA & Hestenes, D., *The Initial Knowledge State of College Physics Students*, *Am. J. Phys.* **53**, 1043-1055 (1985).
- [20] Ding, L., Chabay, R., Sherwood, B. and Beichner, R., *Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment*, *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* **2**, 010105 (2006).
- [21] Benckert, S. *et al*, *Conversation and context in Physics Education* (1997).
<https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/18144/1/gupea_2077_18144_1.pdf>, (Consultado 21/02/2014).
- [22] Lorenzo, M., Crouch, C. H., Mazur, E. *Reducing the gender gap in the physics classroom*, *Am. J. Phys.* **74**, 118-122 (2006).
- [23] Morote, E. S. and Pritchard, D. E., *What courses elements correlate with improvement on test in Introductory Newtonian Mechanics?*
<<http://relate.mit.edu/wp-content/uploads/2012/02/effectiveness.pdf>> (Consultado el 21/02/2014)
- [24] Saúl, J. M., *Beyond problem solving: Evaluating introductory physics courses through the hidden curriculum*, UMD PERG PhD Dissertation, (1998).
<<http://www.physics.umd.edu/perg/dissertations/Saul/>> (Consultado 21/02/2013).
- [25] Hake R. R., *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*, *Am. J. Phys.* **66**, 64-74 (1998).
- [26] Morris, G. A., Branum-Martin, L., Harshman, N., Baker, S. D., Mazur, E., Dutta, S., Mzoughi, T. & McCauley, V., *Testing the test: Item response curves and test quality*, *Am. J. Phys.* **74**, 449-453 (2006).
- [27] Kahan, S., Blanco, E., Curione, K., Miguez M., *Explorando los errores conceptuales de ingresantes a la Facultad de Ingeniería*, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **30**, 4401 (2008).
- [28] Scott, T. F., Schumayer D. & Gray, A. R. *Exploratory factor analysis of a Force Concept Inventory data set*. *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* **8**, 020105 (2012)
- [29] Champagne, A.B. and Klopfer, L.E. *A causal model of students achievements on college physics course*. *Journal of Research in Science Teaching* **19**, 299-309 (1982).
- [30] Wang, S, McCall, M., Jiao, H. & Harris, G., *Construct validity and measurement invariance of computerized adaptive testing: application to Measures of Academic Progress (MAP) Using Confirmatory Factor Analysis*. *Journal of Educational and Developmental Psychology* **3**, 88-100 (2013).
- [31] Beavers, A. S, Lounsbury, J. W., Richards, J. K., Schuyler, Huck, W., Skolits, G. J., & Esquivel, S. L., *Practical considerations for using exploratory factor analysis in educational research*, *Practical Assessment Research & Evaluation* **18**, 6 (2013).
<<http://www.pareonline.net/pdf/v18n6.pdf>> (Consultado 21/02/2014)
- [32] Gangoso, Z., Truyol, M. E., Brincones, I., Gattoni, A., *Resolución de problemas, comprensión, modelización y desempeño: un caso con estudiantes de ingeniería*. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **2**, 233-240 (2008).