

Determinación mediante pruebas de respuestas de opción múltiple del aprendizaje profundo y superficial: aprendizaje de circuitos eléctricos en la escuela secundaria

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Determination of deep and surface learning using multiple-choice test: learning of simple electric circuits in high school

Julio Sirur Flores^{1,2} y Julio Benegas^{1,3}

¹Dpto Física, Facultad de Cs Fis. Mat. y Naturales, Universidad Nacional de San Luis, Ej. de los Andes 950, CP 5700, San Luis, Argentina.

²Colegio Nacional de San Luis, CP 5700, San Luis, Argentina.

³Inst. Mat. Aplicada San Luis (IMASL), UNSL-CONICET, Ej. de los Andes 950, CP 5700, San Luis, Argentina.

E-mail: jbenegas@unsl.edu.ar

Resumen

En este trabajo se presenta una nueva manera de determinar cuantitativamente la fracción de estudiantes que logran un aprendizaje estable, de aquellos que logran un aprendizaje débil y de los que no aprenden. El método se basa en el análisis de las respuestas a un test de respuestas de opción múltiple, el cual es aplicado dos veces: inmediatamente después (PT1) y un año después (PT2) de la instrucción. El análisis de los posibles pares de respuestas PT1-PT2 permite determinar las fracciones de estudiantes que consiguen un aprendizaje duradero, aquellos que solo obtienen uno transitorio, así como aquellos estudiantes que no aprendieron. Esta metodología es aplicada para evaluar el aprendizaje de circuitos de corriente eléctrica resistivos simples por parte de estudiantes de una escuela secundaria en los cuales se practicaron dos estrategias didácticas diferentes, Tutoriales para Física Introductoria, que estimula el aprendizaje activo, y otra tradicional, centrada en las actividades del profesor. Los resultados muestran que este tipo de aprendizaje activo genera conocimientos duraderos en una importante fracción de los estudiantes, mientras que solo alrededor del 10% de la clase que siguió la estrategia tradicional mantuvo su conocimiento en ese tiempo. La metodología de medición permitió también determinar la fracción de estudiantes que no aprendieron, y si este no aprendizaje estuvo influenciado por una o más de una dificultad de aprendizaje o modelo alternativo característico. Se sugieren algunas acciones para mejorar los resultados de la instrucción.

Palabras clave: Aprendizaje activo; Tutoriales; circuitos eléctricos; opciones múltiples; DIRECT.

Abstract

In this work we present a new methodology to measure the fraction of student that obtain a lasting solid learning, those that obtain a transitory, labile learning and those that fail to learn. The strategy based on the analysis of answer pairs to multiple-choice, single response test applied at two different times: immediately after and a long time after instruction. This methodology has been applied to the learning of simple electric circuits by high school students following two different instructional approaches: the active learning strategy Tutorials in Introductory Physics and traditional instruction. Results show that about half of the students following Tutorial instruction obtained solid, lasting knowledge, while only about 10% of the course that followed traditional instruction kept that acquired knowledge. The methodology also allowed determining the fraction of student that failed to learn, identifying those that were influenced by one or more than one learning difficulty or alternative model. Based on this analysis, some suggestions are made to improve teaching results.

Keywords: Active learning; Tutorials; electric circuits; multiple choice test; DIRECT.

I. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se propone la utilización de test de respuestas de opción múltiple para la determinación de la fracción de estudiantes que logra un aprendizaje duradero, los que solo obtienen un aprendizaje superficial y transitorio y aquellos que no aprenden. Este método sigue del trabajo de Lasry, Guillemette y Mazur (2014) que recientemente alertaron sobre el hecho que, luego de la instrucción algunos estudiantes ganan comprensión conceptual, pero otros parecen perderla. En ese sentido ellos ven el aprendizaje como un proceso de “dos pasos adelante seguidos de uno hacia atrás”, que puede ser medido mediante la aplicación de test de respuestas de opción múltiple, con la condición que estos hayan sido desarrollados mediante y en base a la investigación educativa sobre un dado tema (de la física). El método se basa en el análisis de las opciones elegidas por cada estudiante a cada una de las preguntas del test en dos ocasiones diferentes (en su caso antes y después de la instrucción), y en la interpretación de todos los pares de respuesta posibles. La utilización de este tipo muy particular de test de opciones múltiples proporciona, además de la facilidad de aplicación, análisis y comparación de resultados, una sólida base educacional al método. Esto es así pues en este tipo de test los distractores, es decir las respuestas incorrectas, corresponden a las respuestas incorrectas más comunes obtenidas de la abundante investigación educativa sobre el tema en cuestión, realizada en distintos niveles y sistemas educativos. En este sentido Bao y Redish (2001, 2006) puntualizan que la investigación educativa sobre concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje muestra que, para cada tema, las respuestas más notorias y comunes se limitan a un pequeño número, adecuado entonces para su incorporación como distractores en el respectivo test de opciones múltiples. Recuerdan además que la investigación educativa ha establecido que la selección de una dada respuesta es afectada por el contexto, incluido el estado mental del que responde, el cual entonces puede activar diferentes, aun contradictorias concepciones. Por ello un individuo con un sólido encuadre científico (newtoniano por ejemplo) contestará sistemáticamente bien, eligiendo siempre la opción correcta, pero quienes no lo tengan elegirán diversos distractores, pudiendo inclusive en diferentes oportunidades elegir distintos, sin una razón para ello y sin que se den cuenta de su contradicción.

En este marco, el trabajo propone caracterizar el aprendizaje duradero mediante la elección sistemática (aun un tiempo relativamente largo después de la instrucción) de la opción correcta. Por su parte el aprendizaje superficial corresponde a aquellos casos en que el estudiante elige la respuesta correcta inmediatamente después de la instrucción pero, al cabo de un tiempo elige alguna de las opciones incorrectas. Por último el fracaso en el aprendizaje está caracterizado por quienes eligen siempre opciones incorrectas.

Para una aplicación práctica de esta metodología de análisis, estudiaremos la dinámica de las respuestas dadas a un test de respuestas múltiples sobre circuitos eléctricos por estudiantes de dos cursos de escuela secundaria en los cuales se practicaron estrategias didácticas distintas.

II. MÉTODO

Se propone en este trabajo la extensión de la metodología propuesta por Lasry et al. (2014) para el análisis de las pérdidas y ganancias de conocimiento conceptual debidas a una dada instrucción. El método se basa en el estudio de los pares de respuesta correcta-incorrecta que los estudiantes dan a un mismo test de respuestas de opción múltiple inmediatamente después (post test 1, o PT1) y un tiempo relativamente largo después de la instrucción (post test 2, o PT2). La propuesta consiste en interpretar los pares de respuesta (PT1, PT2) de la siguiente manera:

(CC), par de respuestas Correcta-Correcta, corresponde alumnos que sistemáticamente, luego de la instrucción eligieron la opción correcta, y por tanto identifica aquellos estudiantes que han logrado un aprendizaje sólido y duradero del modelo físico.

(CI) alumnos que pasaron de la opción correcta a una incorrecta (CI) un año después de la instrucción, son aquellos que solo consiguieron un aprendizaje superficial, que probablemente les sirvió para aprobar los exámenes, pero que desapareció después de un año.

(II) par de respuestas siempre incorrectas, correspondiente a los alumnos que no aprendieron. Este tipo de pruebas de respuestas de opción múltiple permite discriminar entre los alumnos que no aprendieron dos grupos: quienes pasaron de una opción incorrecta en PT1 a otra opción incorrecta pero distinta en PT2 (II_≠) de aquellos que mantuvieron la misma opción incorrecta (II₌) en ambos test.

(IC) donde luego de contestar erróneamente inmediatamente después de la instrucción el alumno elige una respuesta correcta un largo tiempo después. Este par se interpreta aquí como un falso negativo inmediatamente después de la instrucción o un falso positivo un tiempo después, es decir su contribución al total de respuestas correctas en PT2 no es una medida real del aprendizaje duradero. En cualquier caso este tipo de respuestas es considerado parte del error de medición del método.

Se puede agregar que las dos categorías de estudiantes que fracasaron en su aprendizaje pueden considerarse en línea con las ideas de Vosniadou (1994) quien describe a las concepciones alternativas como construcciones espontáneas, que a menudo se generan durante la prueba al contestar una dada pregunta, y

que no deben ser consideradas como el resultado de una teoría científica consolidada en el alumno, y cuya resistencia al cambio (hacia el modelo científico enseñado en el curso) está asociada a las presuposiciones que hace el alumno basadas en su conocimiento previo. En este marco un estudiante puede cambiar sus modelos situacionales locales, eligiendo en distintas ocasiones diferentes distractores, sin que sienta la necesidad de ser internamente consistente. En otras palabras, pares de respuesta II representan el fracaso en el aprendizaje del modelo científico, producidos por los intentos del estudiante de reconciliar a veces contradictorios encuadres explicativos.

Como una aplicación del método propuesto, analizaremos la capacidad de dos estrategias didácticas distintas en producir un aprendizaje consolidado. El estudio se llevó a cabo en dos cursos de 5to año de una escuela secundaria de gestión pública, en los cuales la instrucción de circuitos de corriente continua se llevó a cabo mediante dos estrategias didácticas diferentes. Aleatoriamente se asignó a un curso, denominado aquí experimental (EXP), la estrategia de aprendizaje activo Tutoriales de Física Introdutoria (McDermott y Shaffer, 2001), mientras que en el otro se siguió practicando la instrucción de tipo tradicional utilizada hasta entonces. Los detalles de dicho experimento, incluido las características de cada tipo de instrucción, han sido descritos en un trabajo previo (Benegas & Sirur Flores, 2014). Se muestra en ese trabajo que, excepto el tipo de instrucción, todas las condiciones de enseñanza fueron equivalentes, incluido el conocimiento inicial del tema, el cual fue medido mediante la aplicación pre-instrucción (pre-test) del mismo test DIRECT. Este test, propuesto por Engelhardt and Beichner (2004), consta de 29 preguntas de respuestas de opción múltiple y fue científicamente desarrollado utilizando los resultados de la investigación cualitativa y cuantitativa sobre dificultades de aprendizaje y modelos alternativos que alumnos de los niveles secundario y universitario de distintos sistemas educativos tienen sobre sobre circuitos eléctricos. DIRECT evalúa distintas dimensiones de circuitos eléctricos, como aspectos físicos, energía, corriente, diferencia de potencial, así como algunos aspectos microfísicos del tema.

III. RESULTADOS: el aprendizaje duradero y la estrategia de aprendizaje

El objetivo de esta sección es aplicar la metodología descrita arriba para estudiar la influencia de la estrategia de enseñanza en la durabilidad del aprendizaje conceptual. Como se estableció anteriormente, (Benegas & Sirur Flores, 2014), el tema enseñado, circuitos eléctricos simples, no se volvió a enseñar, ni fue tratado de ninguna manera, en el año que transcurrió entre los dos test post instrucción utilizados en este trabajo. Bajo estas condiciones, es razonable suponer que tanto la evaluación obtenida inmediatamente después de la instrucción (PT1) como la realizada un año después (PT2) son medidas adecuadas para estudiar la evolución del conocimiento conceptual post instrucción.

A manera de ejemplo, los datos de la Figura 1 nos permiten identificar algunas características de la evolución, post instrucción, de las respuestas estudiantiles al Ítem 22 de DIRECT.

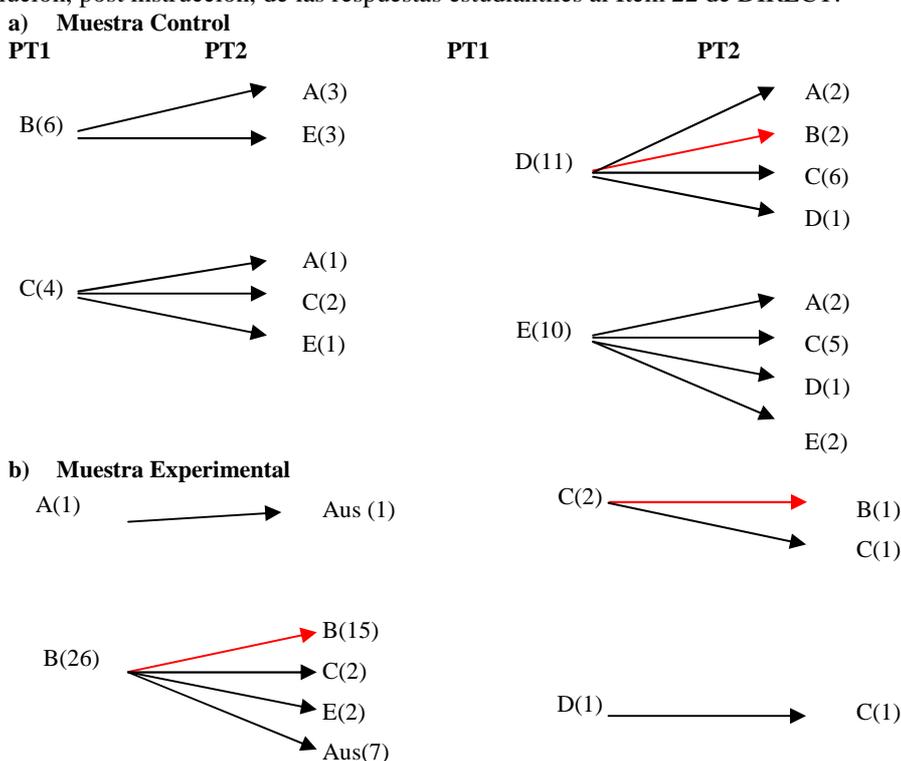


FIGURA 1: Número de estudiantes que elige cada una de las cinco opciones de respuesta al Ítem 22 de DIRECT y su evolución de PT1 a PT2. PT1 corresponde a la evaluación realizada inmediatamente después de la instrucción y PT2 a la tomada un año después. Por ejemplo, B(6) en PT1 de la muestra Control significa que 6 estudiantes de esa muestra eligieron la opción B del Ítem 22 en la prueba PT1. Un año después, en PT2, de esos 6 estudiantes 3 eligieron la opción A y los otros 3 la opción E. a) muestra Control (N=31), b) muestra Experimental (N=30). La opción correcta es B. Aus indica alumno ausente en esa evaluación.

Para la clase CTRL los resultados principales son:

Las pocas (6) respuestas correctas dadas inmediatamente después de la instrucción (PT1) cambiaron a incorrectas un año después (CI=6).

Las dos respuestas correctas un año después de la instrucción corresponden a respuestas incorrectas dadas inmediatamente después de la instrucción (PT1) que conforman el par de respuestas IC. Como se estableció más arriba, este par (IC=2) forma parte del error de medición que se comete al utilizar test de respuestas de opción múltiple.

La mayoría de las respuestas incorrectas dadas inmediatamente después de las instrucción pasaron a otra respuesta incorrecta, es decir los alumnos eligieron un distractor diferente en PT2 ($II_{\neq} = 18$), el cual es aproximadamente tres veces el número de los que mantuvieron el mismo distractor en ambos test ($II_{=} = 5$).

La situación de la muestra EXP es bastante diferente:

El conocimiento conceptual parece haberse consolidado en esta muestra ya que el par de respuestas más abundante es el CC (CC=15). Solamente cuatro alumnos que dieron una respuesta correcta inmediatamente después de la instrucción eligieron una opción incorrecta un año más tarde. (CI=4). (en este curso 7 alumnos que respondieron correctamente en PT1 estuvieron ausentes cuando se tomó el PT2).

Muy bajo número de estudiantes que fracasaron en el aprendizaje ($II_{\neq} = 1$ y $II_{=} = 1$).

Número insignificante también de falsos positivos (IC= 1).

La Tabla I contiene los resultados (en %) de un análisis similar realizado para todos los ítems del test, discriminadas las preguntas según los principales objetivos de aprendizaje propuestos por los autores del test DIRECT. La Tabla I contiene la fracción de estudiantes que obtuvieron un aprendizaje profundo, aquellos que solo lograron un conocimiento transitorio, así como los que fracasaron en el aprendizaje, discriminados entre los que mantuvieron el mismo modelo incorrecto y aquellos que cambiaron a otro modelo incorrecto. La Tabla no incluye el par IC, que representa un falso positivo en PT1 o un falso negativo en PT2 debido a que, siguiendo la interpretación propuesta por Lasry et al. (2014), consideramos que este par es parte del error de medición. Al respecto se hace notar que su magnitud relativa en este trabajo (menor al 10%) es similar a la encontrada por dichos autores, para estudiantes de otro nivel y sistema educativo, en otro tema (mecánica) y con otro test (FCI).

TABLA I: Valor (%) de los cuatro pares de respuestas a los test PT1 y PT2 dados por los estudiantes de ambas muestras estudiantiles, para los objetivos aspectos físicos de circuitos y corriente y voltaje. Post I y Post II indican el rendimiento medio (% de respuestas correctas) de toda la clase en el test DIRECT inmediatamente después y un año después de la instrucción.

a) Muestra Control

| OBJETIVO | Item | POST I | POST II | CC | CI | II= | II≠ |
|---------------------|-----------------------|--------|---------|----|----|-----|-----|
| Aspectos físicos | 4,5,10,13,14,19,22,23 | 40 | 20 | 10 | 30 | 12 | 38 |
| Corriente y Voltaje | 6,8,15,17,24,26,28,29 | 38 | 21 | 11 | 27 | 16 | 36 |
| TOTAL | | 39 | 21 | 10 | 28 | 14 | 37 |

b) Muestra Experimental

| OBJETIVO | Item | POST I | POST II | CC | CI | II= | II≠ |
|---------------------|-----------------------|--------|---------|----|----|-----|-----|
| Aspectos Físicos | 4,5,10,13,14,19,22,23 | 74 | 55 | 50 | 24 | 5 | 15 |
| Corriente y Voltaje | 6,8,15,17,24,26,28,29 | 72 | 40 | 38 | 35 | 12 | 14 |
| Total | | 73 | 49 | 44 | 29 | 8 | 14 |

Las dos últimas columnas muestran que cerca de la mitad de los alumnos del grupo control seleccionaron opciones incorrectas en ambos test, y que la mayoría cambió distractor ($II_{\neq} = 37\%$). El aprendizaje débil y transitorio (CI) constituye el segundo grupo más relevante (28%), lo cual resulta en una muy pequeña fracción de estudiantes que lograron un aprendizaje sólido y duradero (CC=10%). La situación es muy diferente para la muestra EXP, donde los estudiantes con aprendizaje duradero es el subgrupo más importante (CC=44%), o sea que casi la mitad de la clase sistemáticamente eligió, después de la instrucción, la opción correcta. Estudiantes con un aprendizaje transitorio (CI) conforman nuevamente casi el 30 % de la clase, lo que reduce al grupo de estudiantes que eligió siempre opciones incorrectas a un 22%. Vemos que aunque esta última categoría, aun cuando fue reducida a menos de la mitad respecto del grupo CTRL, sigue siendo relevante.

Se observa además que, siempre según nuestras estadísticas, el grupo EXP muestra alguna preferencia por mantener el mismo modelo alternativo ($\Pi_{\neq} = 1.7 \Pi_{=}$), comparado con el grupo control para el cual $\Pi_{\neq} \sim 2.6 \Pi_{=}$. Según estos resultados, la muestra CTRL se comporta como una población no instruida (similar probabilidad para todos los distractores), mientras que en la muestra EXP hay alguna dificultad prevalente que no ha sido solucionada por la instrucción.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo fue presentar un método cuantitativo para determinar la fracción de estudiantes que obtienen un aprendizaje consolidado, los que obtienen un aprendizaje débil y transitorio, y aquellos que no lograron aprender. El método, que se basa en el trabajo de Lasry, Guillemette y Mazur (2014), propone obtener una medida cuantitativa de estos tipos de aprendizaje mediante el análisis de los pares de respuesta a un test de respuestas de opción múltiple inmediatamente después y un año después de la instrucción. Para aplicar el método propuesto, en este trabajo analizamos las respuestas dadas por dos cursos de alumnos secundarios en los cuales se utilizaron dos estrategias de enseñanza distintas para el tema circuitos eléctricos resistivos simples. Para evaluar el aprendizaje conceptual de este tema se utilizó el test de respuestas de opción múltiple DIRECT, aplicado inmediatamente después y un año después de la instrucción.

Respecto de la efectividad de la instrucción, nuestros datos indican que el tipo de instrucción fuertemente condiciona el aprendizaje profundo. Casi la mitad del curso experimental consistentemente eligió, después de la instrucción, la respuesta correcta, frente a solo el 10% de la muestra CTRL, es decir la estrategia Tutoriales es más de cuatro veces más efectiva que la enseñanza tradicional en producir un aprendizaje estable.

Nuestros datos también sugieren que esta gran diferencia se debe a cambios importantes en el grupo que no aprendió, que es alrededor de 50% de los estudiantes en el grupo control y reducido por un factor de 2 para el experimental. Si imaginamos a estas tres categorías como una “escalera de aprendizaje”, nuestros datos sugieren que alrededor de 25-30% del grupo EXP se ha movido un “escalón” hacia arriba, comparado con el grupo control, lo cual resulta en un valor muy similar (~30%) de la fracción de estudiantes que obtuvieron solo un aprendizaje débil o transitorio en ambas muestras.

Por ello, a pesar de la gran diferencia en la fracción de estudiantes que obtienen un aprendizaje estable, todavía hay una fracción importante de alumnos, uno de cada tres estudiantes de la muestra experimental, que solo logró un aprendizaje superficial y transitorio y debe por lo tanto consolidar sus aprendizajes. Si consideramos que este aprendizaje transitorio es una etapa de transición hacia el aprendizaje profundo, entonces es claro que debemos complementar la instrucción de Tutoriales con otras acciones que consoliden dichos aprendizajes. En ese sentido, nuestra propuesta es que la instrucción de Tutoriales debería complementarse con actividades basadas en los mismos principios de aprendizaje activo para evitar los resultados negativos que se producen cuando los alumnos son expuestos a estrategias didácticas basadas en principios de aprendizaje en conflicto (Guidugli, Fernandez Gauna y Benegas, 2005). En ese sentido parece conveniente complementar la estrategia de Tutoriales utilizada en esta experiencia con actividades de resolución de problemas o de clases interactivas, pero siempre utilizando estrategias de enseñanza de aprendizaje activo para estas actividades (Redish 2003, Benegas, Pérez de Landazábal y Otero, 2013). Esta aproximación didáctica también debería ser importante para favorecer el aprendizaje de la importante fracción (~1/5) de estudiantes del grupo experimental que fracasaron en su aprendizaje.

Por último se hace notar que este desempeño tan bajo del grupo control puede ayudar a comprender los resultados extremadamente pobres de la evaluación realizada por Benegas, Pérez de Landazábal y Otero (2010) en alumnos de 1er. año de carreras de ciencias e ingeniería de diversos países iberoamericanos, ya que, según estos autores, después de finalizar la instrucción secundaria, solamente alrededor del 10% de estos alumnos tiene un conocimiento conceptual de los principales temas de la física básica, valor bastante de acuerdo con el porcentaje de alumnos del grupo control que obtuvieron un aprendizaje profundo en la presente experiencia.

REFERENCIAS

Bao, L. y Redish, E. F. (2001). Concentration analysis: A quantitative assessment of student states, *Am. J. Phys.* 69(S1), S45-S53.

Bao, L. y Redish, E. (2006). Model analysis: representing and assessing the dynamics of student learning, *Physical Review Special Topics - Physics Education Research* 2, 010103.

Benegas, J., Pérez de Landazábal, M. y Otero, J. (2010). Estudio de casos: Conocimientos físicos de los estudiantes cuando terminan la escuela secundaria: una advertencia y algunas alternativas, *Rev. Mexicana de Física*, 56(1), 12–21.

Benegas, J., Pérez de Landazábal, M. y Otero, J. (2013). *El Aprendizaje Activo de la Física Básica Universitaria*. Santiago de Compostela: Andavira.

Benegas, J. y Sirur Flores, J. (2014). Effectiveness of Tutorials for Introductory Physics in Argentinean high schools. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research* 10, 010110.

Engelhardt, P. V. y Beichner, R. J. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *Am. J. Phys.* 72(1), 98-115.

Guidugli, S., Fernandez Gauna, C. & Benegas, J. (2005). Learning Kinematics Concepts and Their Linear Graphs Representation by High School Students in Argentina: The Problem of Different Teaching Strategies. *The Physics Teacher*, 43, 334-337.

Lasry, N., Guillemette, J. y Mazur, E. (2014). Two steps forward, one step back, *Nature Physics*, (10), 402-403.

McDermott, L. C. y Shaffer, P. S. (2001). *Tutoriales para Física Introductoria*. Buenos Aires: Pearson Education – Prentice Hall.

Redish, E. (2003). *Teaching Physics with the Physics Suite*. New York: Wiley.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change, *Learn. Instr.* 4(1), 45-69.