



Análisis Epistemológico del Programa de Física: Enseñar Dinámica A Escolares en el Uruguay.

Andrea Etchartea Gelpi

Uruguay

cienciasquehacer@gmail.com

Agustín Adúriz-Bravo

Argentina

cienciasquehacer@gmail.com

Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales

Revista *Quehacer Educativo* (FUM-TEP)

Uruguay

ABSTRACT

Here we present a synthesis of the epistemological analysis of the physics content in the Uruguayan programme for pre-primary and primary education. The analysis was carried out by a research team for the Natural Sciences of the journal "Revista Quehacer Educativo FUM ? TEP." A quick study soon realized that the standard contexts in Physics follow closely the historical developments of the science, traditionally centered in classical mechanics. Because of that, we decided to design and investigate new classroom activities to be used for a "School Physics", more at ease with contemporary didactics and where education does not follow necessarily a historical line. In this communication we analyze the difficulties and benefits that the aforementioned experiences had in the teaching of dynamics..

RESUMEN:

Se presenta una síntesis del análisis epistemológico de los contenidos de Física del Programa de Educación Inicial y Primaria de Uruguay, realizado por el Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales de la Revista Quehacer Educativo FUM – TEP. El mismo permitió concluir entre otros aspectos, que los contenidos tradicionalmente disciplinares siguen muy de cerca el propio desarrollo histórico y conceptual de la física "académica" y tienen su centro en las teorías de la mecánica considerada pilar de la comprensión física del mundo. Por ello, el equipo decidió esbozar una mecánica escolar e investigar sobre su enseñanza. Se diseñaron secuencias de actividades a nivel de grado y de institución, tendientes a elaborar un currículo adecuado a la actual orientación didáctica. En esta comunicación se analiza, además, el recorrido, dificultades y potencialidades de las actividades realizadas para la enseñanza de los cambios que generan las fuerzas en el movimiento.

PALABRAS CLAVE: Física escolar, epistemología, historia de la ciencia, dinámica escolar, fuerza.

Física escolar, epistemologia, história da ciência, dinâmica escolar, força.. School physics, epistemology, history of science, school dynamics, force.

INTRODUCCIÓN

El equipo de Investigación en la Enseñanza de las Ciencias Naturales de la Revista Quehacer Educativo se conformó en 2008 a partir de un llamado abierto a todos los maestros del Uruguay con interés en profundizar en la enseñanza de las ciencias. Desde ese año se estudia e investigan diferentes aspectos de esta enseñanza en Educación Inicial y Primaria.

Al realizar el análisis de la frecuencia y tiempo que los maestros asignan a las distintas disciplinas del área de Ciencias Naturales del Programa Escolar, se desprende que la Física era casi inexistente. Esto generó el interés del equipo que comenzó un camino de estudio, reflexión e investigación, que aún está



recorriendo, en pos de pistas que posibilitasen concretar una enseñanza de la Física acorde a los nuevos lineamientos didácticos.

En primera instancia, bajo la orientación del Dr. Agustín Adúriz-Bravo, se consideró la estructura interna de la disciplina y su evolución histórica; para luego, analizar la epistemología que organiza sus contenidos programáticos y develar las implicaciones epistemológicas para su enseñanza y aprendizaje. Sosteníamos que el conjunto de contenidos seleccionados, el orden en que aparecen en los distintos grados, la importancia asignada, entre otros aspectos, darían cuenta, no solo, de una imagen de ciencia a hacer vivir en las aulas, sino que estarían “teñidos” de epistemología.

La primera idea que resaltamos fue que la epistemología subyacente es fuertemente tradicional en el “respeto” por la referencia disciplinar; la física “erudita” es la guía principal a la hora de construir una “física escolar”.

Para profundizar en el análisis, nos centramos particularmente en los contenidos programáticos de la física mecánica, que tenían un particular interés para la investigación sobre su enseñanza, desde lo histórico y epistemológico. Encontramos que el programa sigue muy de cerca los grandes momentos de su construcción y propone de alguna manera replicarlos en el aula. Así en los primeros grados, tres a cinco años, los contenidos corresponden a la cinemática. Luego de primero a quinto grado, “replica” la dinámica, el corazón mismo de la Física clásica. Introduce la idea de fuerza para entender las causas de los cambios en el estado de movimiento de los cuerpos. Por último en sexto grado aparece la idea de energía, el último gran momento histórico de la mecánica clásica.

Una vez realizado el análisis epistemológico e histórico de los contenidos programáticos se reflexionó sobre las implicancias que tenía para la enseñanza de la mecánica escolar: qué aspectos se mantendrían y cuáles se modificarían al elaborar el currículo de cada grado y al diseñar actividades.

El enfoque disciplinar fue mantenido, pero enfatizando la necesidad de potenciar la “mecánica escolar”. La concepción de ciencia, que denota la selección de contenidos programáticos, debía ser modificada. El equipo se propuso elaborar secuencias de enseñanza sobre los tres conceptos correspondientes a los tres momentos históricos: movimiento, fuerza y energía. En esta comunicación nos centraremos en fuerza.

ENSEÑAR DINÁMICA

La dinámica examina los factores que influyen sobre el modo en que los cuerpos se mueven; ella introduce la noción de fuerza para dar cuenta de los distintos movimientos que reconocemos a nuestro alrededor. Corresponde a los desarrollos científicos de los siglos XVII y XVIII, y aparece fuertemente asociado a la figura de Isaac Newton.

De hecho, la noción de fuerza constituye un “nudo” conceptual del programa, de reconocida dificultad, que se propone abordar varias veces y desde perspectivas convergentes.



Primer grado	Los cambios en el movimiento: -Las fuerzas de contacto. -Las fuerzas a distancia
Tercer grado	Las fuerzas y las máquinas simples: -Las palancas-Las poleas
Cuarto grado	La fuerza elástica y la deformación: -La medición de fuerzas . El dinamómetro. La fuerza gravitatoria : -El peso y la masa
Quinto grado	La relación entre fuerzas y movimiento : -Las concepciones de Galileo y Newton -La ley de la gravitación universal

Tabla 1 – Contenidos de dinámica del Programa de Educación Inicial y Primaria de Uruguay

Es interesante señalar, tal como puede leerse en la Tabla 1 y en la Tabla 2, que la visión dinámica se introduce en el programa más tardíamente que la visión cinemática, pero no extinguiendo esta última. En efecto, las dos visiones, y los dos momentos históricos a los que remiten, coexisten implícitamente en la propuesta programática: los estudiantes siguen estudiando cinemáticamente el movimiento, pero ahora van enriqueciendo esta mirada con consideraciones dinámicas que son, sin duda, más complejas y abstractas. Esto es lo que sucede, por ejemplo, al abordar las máquinas simples o la gravedad.

Nivel tres años	Nivel cuatro años	Nivel cinco años	Primer grado	Segundo grado	Tercer grado	Cuarto grado	Quinto grado	Sexto grado
	CINEMÁTICA							
	Siglos XVI y XVII							
			DINÁMICA					

Tabla 2 – Análisis histórico de los contenidos de dinámica del Programa de Educación Inicial y Primaria de Uruguay. Y sus vínculos con la cinemática.

Las primeras decisiones

La enseñanza del concepto de fuerza era el centro de nuestras primeras discusiones. Cotidianamente se maneja una idea de fuerza muy unida al movimiento y generalmente aplicada intencionalmente por seres vivos - situaciones como patear una pelota, empujar un mueble, tirar de una cuerda -; además debíamos tener en cuenta que la fuerza está, sobre todo en los niños, íntimamente vinculada a la alimentación, el crecimiento, el esfuerzo físico.

Era necesario definir el alcance del concepto a enseñar, por eso - luego del estudio desde la disciplina - “construimos el contenido fuerza escolar”:

- La fuerza no es una propiedad de los cuerpos.
- Implica una interacción entre, por lo menos, dos cuerpos.
- La interacción puede darse por contacto o a distancia.
- La fuerza genera efectos sobre el cuerpo que se aplica.
- Esos efectos son: mantener la estructura, deformar elástica o plásticamente, cambiar el movimiento en su rapidez y o en su dirección.
- La fuerza tiene sentido e intensidad.

Al cotejar con los contenidos programáticos, se hace necesario implementar cambios en el recorrido institucional, particularmente al inicio.



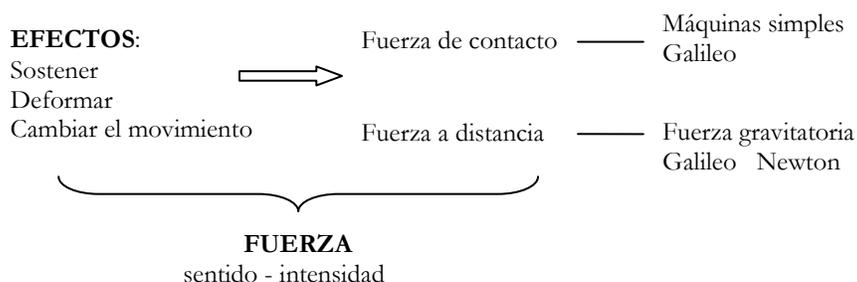
El recorrido institucional

Se resuelve comenzar a trabajar la idea de fuerza como causa de ciertos efectos en los cuerpos. Estos cambios serían la evidencia de que una fuerza había sido o estaba siendo aplicada.

El orden en el que se trabajarían los efectos se tornó en punto fundamental para la planificación de la secuencia, no era lo mismo iniciar estudiando situaciones donde las fuerzas implicasen movimiento que iniciarla con situaciones en donde el movimiento estuviese ausente. La idea que primó, valorando la complejidad de lo que supone moverse y fundamentalmente que los niños asocian la fuerza al movimiento y no a cambios en el movimiento, fue iniciar la secuencia con una situación en donde la idea a trabajar fuese la que menos se conoce: la fuerza **sostiene**, mantiene las estructuras en su lugar. Continuaríamos con el efecto **deformar** plástica y elásticamente, y finalmente abordaríamos que la fuerza **cambia el movimiento** tanto la rapidez como la dirección.

Se comenzaría trabajando por fuerzas de contacto, para luego reiterar la secuencia con fuerzas a distancia.

A partir de allí se abren programáticamente dos líneas de trabajo que aún estamos explorando.



La secuencia de actividades a partir de los efectos

Un aspecto relevante fue la decisión de considerar las ideas previas como un marco de apoyo para construir nuevos conocimientos, convencidos de que lejos de obstaculizar la enseñanza, la favorecen. Se decidió comenzar la secuencia apoyándose en el concepto intuitivo de fuerza, como esfuerzo realizado por los seres vivos. Para no fijar esta idea, la actividad siguiente debería considerar el mismo efecto pero siendo aplicada la fuerza por un objeto.

La secuencia fue aplicada en el Nivel 5 años, en primer grado, en sexto grado y en escuela rural multigrado.

El diseño de las actividades

Este proceso planteó numerosas preguntas: ¿qué idea de ciencia está detrás de nuestra propuesta?, ¿qué física?, ¿qué tipo de actividades realizar?, ¿qué situaciones problema, preguntas investigables serán las más adecuadas para hacer pensar sobre tales ideas o conceptos? y requirió la toma de decisiones didácticas.

En general la actividad comenzaba con una propuesta en pequeños grupos, a los que se les planteaba una consigna de trabajo cuidadosamente diseñada que facilitase la descripción, el análisis y esbozar posibles explicaciones. La intervención docente también fue pensada, siendo el aspecto esencial el uso de analogías para propiciar el avance en el conocimiento. De acuerdo al grado, se realizaron registros individuales o grupales. Se planteaba luego, una puesta en común donde se compartía lo trabajado por los subgrupos, las diferentes discusiones que habían surgido y se acordaban conclusiones transitorias.



Por último se proponía la explicación de situaciones cotidianas a partir de los conocimientos elaborados.

Las fuerzas cambian el movimiento

Este efecto de la fuerza incluye:

- las fuerzas cambian la rapidez del movimiento:
 - aumentan la rapidez (caso especial “poner en movimiento”)
 - disminuyen la rapidez (caso especial “detener”)
- las fuerzas desvían, cambian la dirección del movimiento.

Compartiremos en esta comunicación el análisis sobre alguna de las actividades en las que **la fuerza cambia la rapidez del movimiento**.

En el Nivel 5 años se trabajó solamente el caso especial “poner en movimiento”, partir del movimiento cero; en los restantes grados se planteó además, el “detener” y el cambio en la rapidez – aumentar y disminuir - aplicando una fuerza cuando el objeto ya está en movimiento.

La actividad se llevó adelante con pequeñas variantes según el grado y la secuencia previa realizada en el grupo, por ejemplo:

“Un niño se sienta sobre la tela y otro niño tironea de ella para llevarlo hacia el pizarrón. Observen todo lo que sucede, lo registran y luego lo compartimos” (Nivel Inicial 5 años)

“Uno de ustedes se sienta en la alfombra. Si otro niño aplica una fuerza tirando de la alfombra ¿cuál será el efecto que provoca? Observen, registren lo que sucede, intenten explicaciones” (Sexto grado)

A partir de una imagen: “Un niño A se sienta en la patineta de forma de no tocar los pies en el suelo, viene moviéndose en la patineta y un niño B lo empuja de atrás, le aplica una fuerza. ¿Qué sucede?. Explicar. ¿Y si lo empuja desde adelante?”

Primeras observaciones sobre estas actividades

En la clase de **Nivel 5 años**, a demanda de los propios niños se trabajó con dos formas de aplicación de la fuerza: tirar y empujar. Se compararon las acciones que habilitaron luego los primeros trabajos con ideas tales como “punto de aplicación de la fuerza”, dirección y sentido.



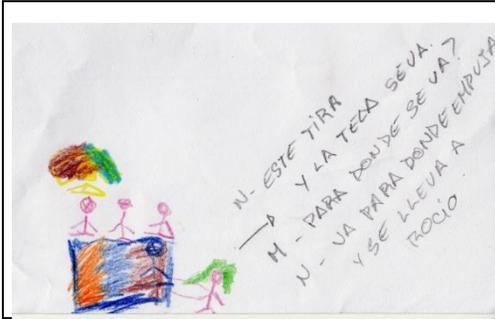
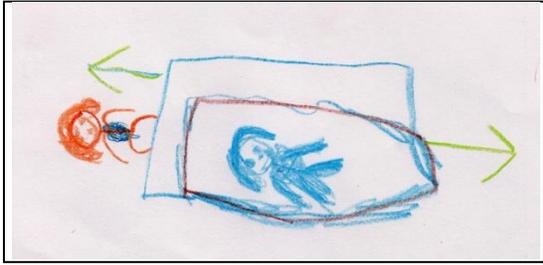
Surgió un esbozo de intensidad de la fuerza, aún muy “pegada” al esfuerzo; decían que se necesitó mucha fuerza para mover a un compañero sobre la tela, quienes lo debían hacer eran niños “con mucha fuerza”.

Maestra: ¿Por qué tantas flechas?

Angelina: Porque ella la está tirando y hace mucha fuerza para que llegue adelante

En algunos registros podría “leerse” algo semejante a la inercia; aunque podría ser una dificultad al dibujar la perspectiva. No se planteó en la puesta en común, quizás porque el niño sentado nunca cayó hacia atrás al ser arrastrado.

En este registro Bruno muestra que a la fuerza aplicada se le opone otra.

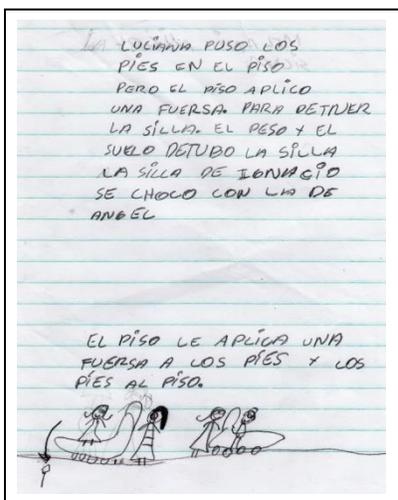


Quizás la mayor dificultad en la clase de 5 años se centró en caracterizar el efecto: *poner en movimiento*. Los niños decían “la tela se va”, “la tela arranca como un auto...”

En este grupo no se había trabajado *movimiento* anteriormente, pensamos que allí radicó la dificultad. Para ellos el niño sentado cambia de lugar, pero “sin moverse”

La intervención docente logró un mínimo avance: el niño cambió de lugar porque la tela lo llevó.

En **primer grado** las maestras trabajan también otro de los casos especiales “detener”.



Resulta muy interesante el análisis que realizan Melanie y Nicol al explicar por qué se detiene la silla.

Luciana puso los pies en el piso. Pero el piso aplicó una fuerza para detener la silla. El peso y el suelo detuvo la silla.

La silla de Ignacio se chocó con la de Ángel.

El piso le aplica una fuerza a los pies, y los pies al piso.



Se transcriben fragmentos de la desgrabación:

Consigna: un niño se sienta en la silla que tiene ruedas, otro lo va a empujar y el que está sentado tiene que detener la silla.

Ignacio se sienta y Micaela empuja. La silla se “detiene”, pero antes de que el niño intente detenerla, pues gira y “choca” con la silla en la que está sentado Angel.

Maestra: ¿el niño cumplió con la consigna?

Varios: noooo

Maestra: ¿Por qué?

Germán: porque tenía que frenar. [...]

Maestra: Volvamos a hacerlo, pero, ahora ningún otro objeto le va a aplicar fuerza para detenerla, tiene que detenerla

Luciana. ¿Cómo piensan que puede hacerlo?

Celeste: Tiene que hacerlo con los pies.

Lo hacen

Maestra: ¿Cómo se detuvo la silla?

Ignacio: Ella puso los pies y ahí la detuvo, ella puso la punta.

Le pido a Luciana que explique lo que hizo para detener la silla.

Luciana: yo puse los pies en el suelo y la paré.

Maestra: Ella dice que frenó con los pies. ¿Quién aplicó la fuerza?

Varios: Los pies.

Ignacio: Pero, si vos estás empujando para abajo, el piso te detiene.

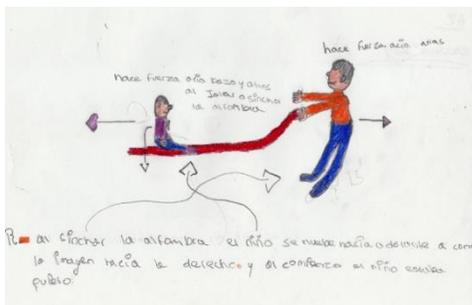
Maestra: El piso, ¿qué hace?

Luciana: El piso aplica la fuerza.

Maestra: ¿Por qué?

Luciana: Mirá, mis pies aplican la fuerza para abajo y el piso me aplica para arriba.

En **sexto grado**, ante las mismas consignas, los análisis y explicaciones de los alumnos, permitieron profundizar en varios aspectos: intensidad y sentido de las fuerzas, punto de aplicación, representación más adecuada de los vectores y rapidez. También pusieron en uso su conocimiento cotidiano sobre fricción e inercia, conceptos que el docente abordó en otras actividades.



Fragmento de la desgrabación del trabajo en uno de los pequeños grupos:

N2 – Sí, pero le da impulso

M: A qué te referís?

N3: A que se mueve

M: Pero ya se venía moviendo

N2: Que se mueva más rápido

N4: Acelera más



M: *Qué querés decir con que va más rápido, se acelera.*

N3: *Que aumenta la velocidad*

M: *¿Cómo me doy cuenta que la rapidez aumenta?*

N5: *Por el tiempo*

M.: *A ver, ¿cómo es eso?*

N3: *Claro porque... (No dice nada)*

M.: *¿Sólo el tiempo debo tener en cuenta? (Silencio, nadie responde) Piensen en dos autos, uno viaja con mayor velocidad que el otro. ¿Cuál llega primero?*

N4: *El que va más rápido recorre la distancia en menos tiempo, llega primero.*

M.: *Al hablar de rapidez están pensando en una distancia recorrida en cierto tiempo. Usemos eso en el ejemplo de la patineta.*

N1: *¿La fuerza que hace B sobre A aumenta la rapidez y la patineta llega antes?*

M.: *Piensen en otra forma de modificar la rapidez que no sea aumentándola.*

N3.: *Disminuyéndola*

M.: *Por ejemplo...*

N4: *Que cuando viene muy rápido otro empuje en contra.*

M.: *En contra de qué?*

N4: *Del movimiento... de la dirección del movimiento*

Del trabajo realizado por el **grupo multigrado** de la escuela rural seleccionamos la propuesta de análisis de una situación habitual en el medio: un tractor desentierra un camión, ¿qué fuerzas intervienen al ponerlo en movimiento?



CONCLUSIONES

Estamos aún en proceso de investigación, no podemos sacar conclusiones sino compartir algunas ideas que hasta el momento, parecen ser válidas.

En cuanto a las actividades:

- Iniciar la secuencia analizando y reflexionando sobre situaciones cotidianas, enseñar a los niños que las miren con otros ojos, es una buena decisión.
- Los niños utilizan un lenguaje cotidiano al describir y explicar: “esfuerzo”, “va más rápido”, “me pesa”. Ese lenguaje es una primera aproximación conceptual con la cual interpretan, que facilita su reflexión. La Física, a lo largo de su desarrollo, ha tomado esas palabras de lo



cotidiano y ha construido conceptos. Los niños los manejan espontáneamente, los docentes debemos refinar, ajustar su significado.

- Mantener coherencia, vigilancia epistemológica, es claramente uno de los requisitos.
- Si pretendemos que los niños modelicen, el análisis, la reflexión y la explicación deben ocupar un papel fundamental en todas las actividades propuestas.
- El uso de analogías parece ser un recurso muy potente al momento de plantear avances en la elaboración del conocimiento.

En cuanto a los obstáculos que seguramente sostienen esa ausencia a la que se aludía al comienzo:

- La falta de dominio disciplinar que tenemos los maestros y sus consecuencias: inseguridad, dificultad para seleccionar lo esencial, dudas ante la ejemplificación, entre otras.
- La idea estereotipada de Ciencia presente en maestros y niños.
- La falta de conocimiento didáctico y de enseñanza de la Física en la escuela, sumado a un vacío al respecto en nuestras biografías docentes.
- El concepto de fuerza como interacción, intangible, a construir a partir de las evidencias de sus efectos: *siempre que sucede cierto tipo de cosas es porque una fuerza está actuando o actuó*
- La necesidad de un trabajo sistemático a lo largo de la escolaridad que permita a los alumnos poner en uso el concepto y avanzar en el mismo.

El equipo está abocado a elaborar y acercar a los docentes materiales que ayuden a sortear estos obstáculos, porque creemos que el docente juega aquí un rol fundamental a la hora de lograr una verdadera presencia de la Física en las escuelas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adúriz-Bravo, A. (2010). Aproximaciones histórico-epistemológicas para la enseñanza de conceptos disciplinares. Asociación Colombiana para la investigación en Educación en Ciencias y Tecnología EDUCyT. Revista EDUCyT, Vol. 1, Enero- Junio, ISSN 2215-8227. En línea: <http://dintev.univalle.edu.co/revistasunivalle/index.php/educyt/article/view/1811> [Consulta 3/05/2014]

Adúriz-Bravo, A. (2011). “Ciencia, currículo y prácticas de enseñanza”. Conferencia en el 1er Foro sobre Ciencia y Escuela: “Buscando coherencias entre contextos”, Montevideo. (Organizador: Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales de la Revista Quehacer Educativo).

Adúriz-Bravo, A. (2012). “Enseñar a los maestros y maestras ‘qué es esa cosa llamada ciencia’. Una propuesta centrada en los ‘campos estructurantes’ de la epistemología” en Revista Quehacer Educativo, N° 111 (Febrero), pp. 41-51. Montevideo: FUM-TEP.

Adúriz-Bravo, A., Dibarboure, M., Ithurrealde, S. (coordinadores) (2013). El quehacer del científico al aula. Pistas para pensar. Montevideo: Fondo Editorial Queduca

Amador Rodríguez, R. Y., Adúriz-Bravo, A. (2011). A qué epistemología recurrir para investigar sobre la enseñanza de las ciencias. Asociación Colombiana para la investigación en Educación en Ciencias y Tecnología EDUCyT. Revista EDUCyT, 2011; Vol. 3, Enero – Junio, ISSN: 2215-8227 En línea: <file:///C:/Users/docente/Downloads/1840-4404-1-SM.pdf> [Consulta: 5/05/2014]



ANEP. CEP. República Oriental del Uruguay (2009): Programa de Educación Inicial y Primaria. Año 2008. En línea: http://www.cep.edu.uy/archivos/programescolar/Programa_Escolar.pdf [Consulta: 29/05/2014]

Dibarboure, M. (2009). ...y sin embargo se puede enseñar ciencias naturales. Montevideo: Ed. Santillana S. A. Serie Praxis. Aula XXI.

Hewitt, P. G. (1999). Física conceptual. México: Pearson Addison Wesley Longman Prentice Hall