

¿Qué dificultades tienen los alumnos para escribir sobre contenidos de física?

Ascensión Macías
Carla Inés Maturano

Introducción

Las investigaciones sobre el lenguaje en las clases de ciencias han aumentado en forma significativa en los últimos años. El diálogo entre profesor y alumno, entre los alumnos, entre el autor del texto de ciencias y el lector, son objeto de estudio de los investigadores en educación. Las dificultades que tienen los estudiantes para escribir sobre contenidos científicos deben ser tenidas en cuenta por los profesores y constituyen nuestro objeto de análisis en este trabajo. Los alumnos presentan, además de deficiencias en la elaboración de producciones en lenguaje escrito, las dificultades propias de tener que utilizar el lenguaje científico, es decir, fallan en la expresión declarativa de los contenidos científicos.

En los procesos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias, muchas de las actividades necesitan de la comunicación a través del lenguaje. Para hablar en ciencia es necesario que los alumnos sean capaces de describir, explicar, enunciar hipótesis, juzgar,

**Las producciones
escritas de los alumnos
carecen de rigor,
precisión,
estructuración
y coherencia.**

exponer leyes, evaluar y a través de esto mostrar sus conocimientos de ciencia. Lemke (1997) expresa que para conocer la ciencia a través del diálogo, se necesita conocer lo que ha llamado patrón temático del contenido científico. Esto significa que al hablar o leer ciencias no basta con conocer el vocabulario, sino que hay que combinar los significados, es decir construir el mencionado patrón temático. La ciencia tiene un vocabulario que debe vincularse a través de relaciones semánticas para construir significados. Dewey precisó a principios del siglo veinte que comprender es aprehender significados, esto es contemplarlos en sus relaciones con otras cosas (observar cómo operan o funcionan, qué consecuencias producen, cuáles son las causas, qué utilidades tienen, etc.) (Dewey, 1998).

Klimovsky (1995) designa como términos a las palabras o expresiones que permiten construir enunciados científicos. Los clasifica en presupuestos (lógicos y designativos) y específicos. Las propiedades que conciernen a estos términos dependen de que nos ocupemos de Física o de otra ciencia. El mismo autor establece que el conocimiento científico se manifiesta mediante enunciados, que utilizan el vocabulario propio y específico de la ciencia.

En lo que hace a las producciones escritas, podemos examinarlas desde las perspectivas: léxica (trata del significado de las palabras), sintáctica (se ocupa de las reglas

gramaticales necesarias para combinar palabras y de la manera de añadir inflexiones apropiadas), semántica (trata del estudio del significado) y pragmática (versa sobre la relación entre los mensajes y el contexto lingüístico y social en que se produce) (Otero, 2001). Con respecto a esta última, cabe agregar que los conocimientos científicos son construidos socialmente e involucran tanto la forma declarativa (lenguaje) como los procedimientos y las actitudes que intervienen en la producción y evaluación de dicho conocimiento.

Por otra parte, los estudiantes deben ser capaces de expresar y comunicar las ideas por medio del lenguaje. A veces las producciones escritas no expresan en forma acabada el conocimiento de los mismos, aunque debe jugar un papel esencial en la construcción y autoregulación del proceso de aprendizaje (Sanmartí, 1997), por lo que los alumnos deben aprender a hablar y escribir sobre ciencias.

El lenguaje científico tiene características propias que lo distinguen del lenguaje común y las dificultades en el aula aparecen cuando el alumno debe abandonar el lenguaje basado en la realidad cotidiana por el lenguaje de la ciencia. A veces también muestra deficiencias en el lenguaje cotidiano y esto deriva de no dominar la gramática y la semántica (conocimientos previos limitados). Es así que, las producciones escritas carecen de rigor, precisión, estructuración y coherencia (Sardà y Sanmartí, 2000).

En el caso específico de la construcción de textos de Física, los alumnos deben agregar al lenguaje escrito, el lenguaje matemático/simbólico y gráfico. Esta dificultad les acarrea serios inconvenientes dado que deben cambiar de una simbología a otra, lo que se sumaría a los conocimientos previos limitados.

Si entre las actividades que deben realizar los alumnos, en las clases de Física, les proponemos que den respuesta a preguntas, los enfrentamos a un proceso complejo. Hay dos cuestiones a tener en cuenta, por un lado la comprensión de la pregunta en sí y por el otro la búsqueda de la información para dar respuesta a ella. Por lo tanto, la respuesta a preguntas involucra, en primer lugar, leer y comprender la pregunta y más tarde responder acerca de la información requerida. Habrá respuestas particulares de acuerdo a cómo las genera cada estudiante. Los estudios realizados sobre las respuestas a preguntas incluyen análisis sintácticos, comparación de las representaciones o estructuras, ejecución de una estrategia para responder, producción de una respuesta, etc. (Graesser, Lang y Roberts, 1991, citado por en Graesser, McMahan y Johnson, 1994). Entre las investigaciones encontramos un esquema analítico para la clasificación de las preguntas desarrollado por Graesser, Person y Huber (1993, en Graesser, McMahan y Johnson, 1994). En el mismo categoriza las preguntas en base al contenido de la información solicitada. Así por ejemplo, las preguntas de antecedente causal puede requerir una variedad de temas:

por qué ocurrió el evento, cómo ocurrió el evento, que causó que el evento ocurra, qué permitió que el evento ocurra, entre otras. Otros ejemplos de preguntas son de interpretación, orientación al objetivo, instrumental/procedimental, etc. Algunas preguntas son híbridos de dos o más categorías de preguntas. Las preguntas de verificación se combinan frecuentemente con otra categoría (Graesser, McMahan y Johnson, 1994). Todas las preguntas cuya categoría hemos señalado pueden presentarse en el ámbito del aprendizaje de la Física.

Métodos

El presente trabajo es un estudio indagatorio de las respuestas a preguntas y del análisis de las deficiencias en producciones escritas por alumnos de Física. En él hemos estudiado las respuestas de alumnos de primer año de las carreras universitarias de Profesorado en Física (PF) y Licenciaturas en Astronomía (LA) y en Geofísica (LG), en temas específicos de Mecánica.

El estudio indagatorio lo hemos realizado analizando las respuestas escritas de los estudiantes a cuestiones planteadas sobre Física. Las preguntas han sido tomadas de los libros: Física Vol. 1 de Resnick, Halliday y Krane <R> (1996) y Física* de Tipler <T> (1994). En algunos casos hemos introducido algunas modificaciones a las preguntas. La indagación ha consistido en un análisis exhaustivo de las respuestas y presentamos sólo aquellas que muestran problemas de

aprendizaje. Estudiamos las dificultades del paso del lenguaje cotidiano al científico, en donde advertimos los inconvenientes de confundir conceptos y las limitaciones en la construcción de significados. Además, nos ha interesado detectar deficiencias de significado a nivel conceptual, matemático/simbólico y gráfico a fin de profundizar, en posteriores indagaciones, otros aspectos que tienen que ver con el lenguaje escrito en las clases de Ciencias.

Categorías de análisis

En primer lugar, fijamos algunas categorías de preguntas teniendo en cuenta el contenido de la información solicitada. Para su clasificación nos hemos guiado por las categorías propuestas por Graesser, Person y Huber (1993, en Graesser, McMahan y Johnson, 1994). Las categorías (I) que establecemos y algunos ejemplos ilustrativos son:

- **verificación:** probar que algo es verdadero, (¿es la velocidad una magnitud vectorial?);
- **especificar aspectos:** fijar de modo preciso algo que tiene que ver con cómo se presenta un tema, (¿cuáles son las propiedades de un cuerpo rígido?);
- **cuantificación:** explicar aspectos por medio de cantidades, (¿cuántos componentes tiene este vector aceleración?);
- **definición:** exponer con claridad, exactitud y precisión la significación de un concepto, una ley, etc., (¿qué es una magnitud vectorial?);
- **ejemplificación:** mencionar citas para comprobar y/o ilustrar sobre un tema, (¿cuál es un ejemplo de un movimiento en dos dimensiones?);
- **comparación:** fijar la atención en dos o más cuestiones para descubrir relaciones o estimar diferencias o semejanzas, (¿cuál es la diferencia entre una magnitud escalar y una vectorial?);
- **antecedente causal:** acción, dicho o circunstancia anterior que sirve para juzgar causas y/o hechos posteriores, (¿por qué el movimiento de un péndulo se puede considerar armónico simple para ángulos pequeños?);
- **consecuencia causal:** hecho o acontecimiento que se sigue o resulta de otro y que al enlazar con algo anterior sirve para juzgar una causa, (¿qué le sucede a una persona que está un ascensor que acelera cuando sube?);
- **declaración:** manifestar o explicar lo que no está a la vista o no se entiende bien (no se comprende el efecto que causa sobre una partícula el estar en interacción con otra).

Graesser, Person y Huber determinan como preguntas de razonamiento profundo a las de antecedente causal y consecuencia causal.

Por otra parte, en función de otros modelos psicológicos de respuestas a preguntas se han postulado otros análisis. Es así, que los componentes de procesamiento más frecuentemente discutidos incluyen el análisis sintáctico y semántico. Las categorías (II)

que hemos utilizado figuran en el Cuadro 1 del Anexo.

Debemos destacar que una misma categoría de pregunta puede incluir cuestiones que utilicen diferentes pronombres interrogativos. Por ejemplo, la categoría comparación puede incluir preguntas de la forma *¿cómo se diferencian...?*, *¿qué semejanzas hay entre...?*, *¿cuál es la diferencia...?*, entre otras. Por otra parte, aparecen preguntas que son híbridos entre una o más categorías.

Resultados

Atendiendo a las categorías (I y II) de preguntas fijadas presentamos algunos ejemplos de las dificultades encontradas en las producciones escritas de los estudiantes. Ver Cuadro 2 y Cuadro 3. No incluimos como hemos señalado anteriormente ejemplos que son satisfactoriamente respondidos en lenguaje científico. En los cuadros señalamos la categoría y la pregunta correspondiente. Además, incluimos la respuesta esperada y la respuesta obtenida con la dificultad encontrada en cada caso. Analizando los cuadros señalados podemos afirmar que, en todos los casos, el estudiante para responder las preguntas debe poseer amplio conocimiento del tema, a lo que se suma habilidad en la recuperación de los conocimientos de su memoria y dominio estratégico para usar el lenguaje escrito, el matemático simbólico y el gráfico en los casos en que se requiera.

Discusión

El estudio que presentamos en este trabajo marca lo complejo de las dificultades de los estudiantes cuando escriben sobre cuestiones de Física. Hay una estrecha relación entre la comprensión y las producciones escritas. Por lo tanto, los problemas que hemos detectado en las respuestas de los alumnos pueden deberse a fallas en la comprensión. Dichas fallas pueden atribuirse a inconvenientes relacionados con las llamadas "habilidades cognitivas-lingüísticas" (Sanmartí, Izquierdo y García, 1999).

El análisis realizado nos permiten afirmar que, si bien encontramos un número destacado de estudiantes que responden correctamente las preguntas planteadas, es necesario fijar nuestra atención en los que no han logrado concretar en forma exitosa las actividades propuestas. Es así que debemos enseñarles a nuestros alumnos, a la vez que les enseñemos Física, a hablar y escribir en lenguaje científico. Según Otero (1995) esperamos que los estudiantes aprendan y sin embargo rara vez les enseñamos sobre el aprendizaje. Es tarea nuestra que los alumnos sepan hablar y leer Ciencias y también lo es ayudarlos a construir nuevos significados. Como hemos señalado, el cambio del lenguaje cotidiano al científico no es fácil. Nuestra preocupación como docentes de Física no sólo debe centrarse en que los alumnos resuelvan problemas y realicen experiencias de laboratorio, recordando que muchas veces las

actividades que les proponemos en el aula se relacionan con el lenguaje y la expresión correcta de las ideas.

Otro aspecto del problema a tener en cuenta es la importancia de que los estudiantes, a la vez que tomen conciencia de la necesidad de redactar buenas producciones, comprendan que éstas deben tener sentido desde la propia ciencia (Sanmartí, 1997). Para ello es necesario enseñarles a leer críticamente sus escritos y a apreciar si son claros y precisos sin perder de vista el contenido científico, dado que no escriben para sí mismos, sino también para las personas de su entorno.

Por último, podemos destacar que un tema se ha comprendido cuando se ha almacenado en la memoria y se puede reproducir cuando sea necesario y nada se conoce realmente salvo en la medida en que se comprende. Sabemos que nadie puede decirle a otra persona cómo puede formar su pensamiento, pero si podemos enseñarle

actividades para lograrlo. Los estudiantes deben aprender a escudriñar y reflexionar sobre aspectos netamente intelectuales para que concreten una auténtica capacidad de abstracción de las ideas que encuentran en una ciencia (Dewey, 1998).

Campanario (2001) propone varias tareas que ayudarían a superar estas dificultades y que pueden llevarse a cabo desde enfoques docentes diversos y no necesitan un trabajo adicional excesivo por parte del profesor. Las tareas deberán estar orientadas a favorecer un procesamiento más profundo de la información y un proceso de aprendizaje sobre el propio aprendizaje o aprendizaje metacognitivo. Entre ellas podemos mencionar: explicitar las condiciones de validez de leyes, ecuaciones y definiciones; generar y clasificar preguntas; imaginar experimentos; buscar la teoría que está detrás de cada dato experimental; tomar conciencia sobre el carácter constructivo del proceso de aprendizaje; calibrar la propia comprensión; entre otros (Campanario, 2001).

Bibliografía

- CAMPANARIO, J.M. (2001) ¿Qué puede hacer un profesor como tú o un alumno como el tuyo con un libro de texto como éste? Una relación de actividades poco convencionales. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3) pp. 351-364.
- DEWEY, J. (1998). *Cómo pensamos. Nueva exposición de la relación entre pensamiento reflexivo y proceso educativo*. Barcelona: Paidós.
- GRAESSER, A.C.; LANG, K.L. y ROBERTS, R.M. (1991) Questions Answering in the Context of Stories. *Journal of Experimental Psychology: General*, 120, 254-277.

- GRAESSER, A.C.; McMAHEN, C.L y JOHNSON B.K. (1994). Question Asking and Answering . *Handbook of Psycholinguistics*. pp. 517-538. Edited by Morton and Gernsbacher. Academic Press. EEUU.
- GRAESSER, A.C.; PERSON, N.K. y HUBER, J.D. (1993) Question Asking during Tutoring and in the Design of Educational Software. En RABINOWITZ, M. (Ed.) *Cognitive foundations of instruction*. pp. 149-172. Hillsdale, N.J. Erlbaum.
- KLIMOVSKY, G. (1995). *Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la epistemología*. Bs. As: AZ, editora.
- LEMKE, J.L. (1997). *Aprender a hablar ciencia.. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Ed. Paidós.
- OTERO, J. (1995). Estrategias básicas de aprendizaje frente a contenidos y métodos en la enseñanza de la Física, *Tarbiya*, N° 10, 127-133.
- OTERO, J. (2001). Curso de Postgrado "El aprendizaje a partir de textos científicos: la importancia de comprender y controlar si se comprende". Documentos de información. San Juan. Argentina.
- RESNICK, R.; HALLIDAY, D. y KRANE, K. (1997). *Física Vol. 1*. México: Editorial Continental.
- SANMARTÍ, N. (1997). Enseñar a elaborar textos científicos en las clases de Ciencias, *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, N° 12, 51-61.
- SANMARTÍ, N.; IZQUIERDO, M. y GARCIA, P. (1999). Hablar y escribir. Una condición necesaria para aprender Ciencias. *Cuadernos de Pedagogía N° 281, junio*.
- SARDA, A. y SANMARTÍ, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. Vol 18(3), 405-422.
- TIPLER, P. A. (1994). *Física **. Barcelona: Editorial Reverté.

Este trabajo ha sido avalado y subsidiado por la Universidad Nacional de San Juan.

Resumen

En este trabajo realizamos un estudio indagatorio donde analizamos algunas dificultades que presentan los estudiantes de Física cuando utilizan el lenguaje científico. Detectamos deficiencias en la elaboración de producciones en lenguaje escrito cuando deben responder preguntas. Atribuimos esto a fallas en el paso del lenguaje cotidiano al científico, en la construcción de significados en diferentes niveles, en la expresión declaratoria de los contenidos científicos, entre otras. Este tema es desafiante para los docentes de Ciencias dado que además de enseñarles Física a los estudiantes, deberíamos guiarlos para que aprendan el uso de estrategias que les permitan hablar y escribir en lenguaje científico.

Palabras claves: lenguaje - Física – dificultades - estudiantes

Abstract

In this paper we make an exploratory study where we analyze some difficulties which the students of Physics have when they use scientific language. We detected deficiencies in their written language when they have to answer questions. This is attributed to failures in the passage from daily to scientific language, to the construction of meanings at the different levels, to the declarative expression of scientific contents, among others. This topic represents a challenge to teachers of Science because besides teaching Physics to our students, we should also guide them through the learning of strategies which allow them to speak and write using scientific language.

Key words: language – Physics - difficulties - students

Ascensión Macías y Carla Inés Maturano

*Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales.
Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes. Universidad Nacional de San Juan.*

Avda. J.I. de La Roza 230 oeste. (5400). San Juan. Argentina.

Tel: 54-264-4222643 Fax: 54-264-4228422

E-mail: amacias@ffha.unsj.edu.ar, cmatur@ffha.unsj.edu.ar

Anexos

Cuadro 1. Categorías II de análisis para las respuestas de los alumnos

Categorías	Niveles de análisis
Limitaciones en la construcción de significados	<ul style="list-style-type: none"> - a nivel conceptual (expresar con palabras cuestiones de Física) - a nivel matemático-simbólico (representar cuestiones de Física mediante expresiones matemáticas y/o símbolos) - a nivel gráfico (representar cuestiones de Física mediante figuras)
Dificultad en el paso del lenguaje cotidiano al científico	
Confusión entre conceptos	
Limitación en la construcción del texto	<ul style="list-style-type: none"> - a nivel léxico (vocabulario cotidiano que posee otro significado en Física y vocabulario propio de la Física) - a nivel semántico (significación de las palabras) - a nivel sintáctico (combinar las palabras para construir oraciones en forma lógica y combinar las oraciones alrededor de un tema central o idea principal)

Cuadro 2. Análisis de las respuestas según las categorías I

Categorías I	Pregunta	Respuesta esperada	Respuesta obtenida	Dificultad encontrada
Verificación	Un estudiante está de pie sobre una mesa que gira con una velocidad angular ω mientras sostiene dos pesas iguales con sus brazos estirados. Sin mover nada más, deja caer las dos pesas. ¿Se conserva el ímpetu angular? (p.322-323<R>).	Verificar la conservación del ímpetu angular.	El ímpetu angular se conserva porque no varía la inercia rotacional total del sistema"	No verifica que se cumplan las condiciones que se requieren para la conservación del ímpetu angular y en lugar de centrar su explicación en el análisis de las torcas externas, limitasu explicación sólo a la inercia rotacional.
Definición Comparación	¿Puede el velocímetro de un automóvil registrar la velocidad como se ha definido en clase? (p.322<R>).	Tener claridad en la definición de velocidad instantánea y comparar el concepto de velocidad como magnitud vectorial a lo que el velocímetro informa sobre la rapidez del automóvil.	"...sí, porque el velocímetro nos da la velocidad instantánea.." (PF03)	No expresa por escrito el carácter vectorial de la velocidad. La dificultad con la definición del concepto influye en la comparación que realiza.
Especificar aspectos	¿Cómo varía el peso de una sonda espacial en la ruta de la Tierra a la Luna? ¿Cambiaría su masa? (p.408<R>).	Tener en cuenta y especificar varios aspectos: la influencia de la fuerza gravitatoria terrestre y lunar y la	El peso de la sonda llegará en un "momento a ser cero, esto sería cuando se contrarresta con la gravedad	Omite analizar la ruta completa e indicar la variación del peso en posiciones intermedias entre la Tierra y la Luna. Analizar la

Categorías I	Pregunta	Respuesta esperada	Respuesta obtenida	Dificultad encontrada
		invariancia de la masa (clásica) en la trayectoria de la Tierra a la Luna.	de la tierra y de la luna. En la luna no tendrá nunca el peso que tiene en la tierra, por tener la una menos gravedad. Sumasa no cambiaría". (LG20).	variación de la fuerza gravitatoria resultante cuando la posición varía de un punto a otro.
	En otro planeta, el valor de g es la mitad del valor en la Tierra. ¿Cuánto es el tiempo que necesita un objeto para caer al suelo partiendo del reposo en relación con el tiempo requerido para caer la misma distancia en Tierra? (p.32<R>).	Hacer un análisis cuantitativo de la situación presentada utilizando las ecuaciones de caída de los cuerpos.	"Tardaría la mitad del tiempo que el mismo objeto en la Tierra". (LA03).	Hemos encontrado errores debido a fallas en los razonamientos. Explican intuitivamente sin recurrir a las relaciones entre las magnitudes involucradas que se estudiaron en clase.
Cuantificación				
	Cuando la velocidad angular w de un objeto aumenta, su momento angular puede o no aumentar también. Dé un ejemplo en que lo haga y otro en que no lo haga así (p.322<R>).	Buscar situaciones donde se cumplan las condiciones explicitadas en la tarea.	Un alumno responde al segundo requerimiento (LG12): "Un sistema de masa m sostenido por un avarilla sin masa que gira y tiene un determinado L ... puedo aumentarsu velocidad angular w acortando el radio r	Algunos alumnos presentan una explicación correcta y no pueden concretar ejemplos donde se cumpla lo analizado. Otros sí ejemplifican, pero acuden a situaciones presentadas en los libros sin buscar ejemplos
Ejemplificación				

Categorías I	Pregunta	Respuesta esperada	Respuesta obtenida	Dificultad encontrada
	<p>El plano inclinado es una "máquina" simple que nos permite efectuar un trabajo con la utilización de una fuerza más pequeña de lo que sería necesario de otro modo. La misma afirmación es aplicable a una cuña, un tornillo, una rueda dentada y una palanca, combinación de poleas. Pero lejos de ahorrarnos trabajo, en la práctica requieren que efectuemos un trabajo ligeramente mayor con ellas que sin ellas. ¿Por qué es así? ¿Por qué empleamos tales máquinas? (p. 163-164, <R>).</p>	<p>Explicitar las razones por las que en la práctica tenemos que efectuar un trabajo mayor. El antecedente es considerar la fuerza de rozamiento para que el trabajo es mayor.</p>	<p>a r/2 y el objeto aumentará su momento angular"</p>	<p>correspondientes a situaciones concretas, sean o no de la vida diaria.</p>
Antecedente casual	<p>Este alumno, hace uso de razonamientos incorrectos. En este caso también utiliza la palabra cotidiana cansancio sin buscarle una correspondencia en el lenguaje científico.</p>	<p>"Esto es así porque a pesar de que empleamos una fuerza menor el desplazamiento es mayor. O sea que empleamos una fuerza menor en una longitud más larga. Por esto el trabajo es mayor. Sin embargo utilizamos tales máquinas porque al necesitar de una menor fuerza, el cansancio es también menor" (LA08).</p>	<p>Se limita a responder con los mismos argumentos que</p>	<p>Se limita a responder con los mismos argumentos que</p>
Declaración	<p>Indicar las razones que justifican la utilización</p>	<p>"Es así porque si subiéramos verticalmente, en lugar de un</p>	<p>Se limita a responder con los mismos argumentos que</p>	<p>Se limita a responder con los mismos argumentos que</p>

Categorías I	Pregunta	Respuesta esperada	Respuesta obtenida	Dificultad encontrada
		<p>en la práctica de las máquinas simples.</p>	<p>plano inclinado usaríamos menos trabajos.. Se emplean esas máquinas porque empleamos menos fuerza". (LG10).</p>	<p>presenta la pregunta sin justificar las razones de la ventaja de utilizar máquinas simples.</p>
<p>Consecuencia</p>	<p>Una persona está de pie sobre una balanza de resorte situada en un ascensor que acelera hacia arriba ¿la lectura de la balanza es mínima o máxima? (p.108 <R>)</p>	<p>Analizar qué sucede cuando un ascensor acelera y cuáles son las consecuencias, empleando la segunda ley de Newton.</p>	<p>" ...hacia arriba hay una presión del hombre sobre la balanza o sea que va a pesar más..." (PF15)</p>	<p>No indica la consecuencia causal y hay ambigüedad y falta de precisión en la explicación. Utiliza el concepto de presión en lugar del de fuerza.</p>

Cuadro 3. Análisis de las respuestas según las categorías II

Categorías II	Pregunta	Respuesta esperada	Respuesta obtenida	Dificultad encontrada
Limitaciones en la construcción de significados	Una persona está de pie sobre una balanza de resorte situada en un ascensor que acelera hacia arriba ¿la lectura de la balanza es mínima o máxima? (p.108,<R>)	Se espera en este caso una construcción adecuada de los conceptos de fuerza (peso, fuerza normal, fuerza neta) y aceleración, relacionados a través de la Segunda Ley de Newton.	"...cuando el elevador acelera hacia arriba aumenta el peso de la persona debido a que aumenta la aceleración de la gravedad en sentido contrario al sentido del movimiento..." (LA05)	El alumno supone que la aceleración de la gravedad y, por consiguiente, el peso del objeto cambian según el sentido de la aceleración. Así, supone que la persona pesa más debido a un aumento de aquella, mostrando además un manejo inadecuado de la Segunda Ley de Newton.
	Nivel conceptual	En un problema muestra, el texto presenta una situación similar indicando que: "La lectura de la báscula, que indica la fuerza normal con la que el piso está empujando al pasajero, aumenta cuando el elevador está acelerando hacia arriba... y disminuye cuando está acelerando hacia abajo... En caída libre la lectura de la báscula será cero." (p.103, <R>).		

Categorías II	Pregunta	Respuesta esperada	Respuesta obtenida	Dificultad encontrada
Nivel matemático -simbólico	<p>Un cuerpo es lanzado verticalmente hacia arriba en un mundo en el que la aceleración de la gravedad es del doble que la de la Tierra. ¿Cómo se compara la altura a la que se sube, respecto de la que subiría en la Tierra? ¿Cuál sería el cambio que ocurriría si duplica la rapidez inicial? (p.20, <R>).</p>	<p>Esta pregunta hace necesario trabajar con ecuaciones algebraicas y analizar la situación sin valores específicos para la velocidad inicial del proyectil. Se debe usar en este caso la ecuación (25) que se presenta en el texto (p.28, <R>): $v^2 = v_0^2 - 2g(y - y_0)$ para comparar el desplazamiento hasta que v sea cero, en el mundo desconocido y la Tierra usando: 1) v_0 y 2) $2 v_0$ como velocidad inicial, respectivamente.</p>	<p>*Si la aceleración de la gravedad en el otro mundo es $2g$ será: $19,6 \text{ m/s}^2$. Si considero una velocidad inicial de 5m/s: (PF06)</p> $y_{\text{max},T} = \frac{v_{0,T}^2}{2g}$ $y_{\text{max},T} = \frac{25 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{19,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 1,27\text{m}$ $y_{\text{max},M} = \frac{v_{0,M}^2}{2g}$ $y_{\text{max},M} = \frac{25 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{39,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,63\text{m}$	<p>El alumno recurre a sustituciones numéricas para lograr dar respuesta. Llega a demostrar que la altura que alcanza en la tierra es el doble que en otro mundo de diferente aceleración, pero sin hacer una demostración general.</p>
Nivel gráfico	<p>En una adaptación de un problema (p.38, <R>), se pide a los estudiantes representar la posición de cuatro gotas consecutivas que caen de una canilla de agua</p>	<p>En el texto aparece un ejemplo (p. 29, <R>) que grafica la posición para un cuerpo en caída libre para instantes que difieren en un mismo intervalo de tiempo.</p>	<p>La mayoría de los estudiantes dibuja las gotas de agua como si el movimiento fuera rectilíneo uniforme (PF01, 08, 12). Las gráficas correspondientes muestran que hay una</p>	<p>Los alumnos tuvieron dificultad a nivel gráfico en dos aspectos: a) Gráficos de posición en diferentes instantes: No relacionan con el</p>

Categorías II	Pregunta	Respuesta esperada	Respuesta obtenida	Dificultad encontrada
	y graficar la posición, velocidad y aceleración para este movimiento en función del tiempo.	Se espera que el alumno asocie esta representación con la de las gotas de agua consecutivas que también caen separadas temporalmente por intervalos iguales. Respecto a las gráficas, el mismo problema muestra el procedimiento para calcular los valores correspondientes que luego el alumno debería representar en los ejes cartesianos.	<p>aceleración (constante o variable) que no condice con las de velocidad y posición. Por ejemplo, un alumno (PF01) realizó las gráficas siguientes:</p>	<p>gráfico del libro ni con las características del movimiento acelerado.</p> <p>b) Gráficos cartesianos de posición, velocidad y aceleración en función del tiempo: No se relacionan con las características de los movimientos estudiados ni tampoco entre ellos.</p> <p>La relación entre las magnitudes graficadas no fue corroborada en los gráficos y los gráficos no aparecen en el orden solicitado.</p>
Dificultad en el paso del lenguaje cotidiano al científico	¿Por qué dos piedras que se arrojan desde un puente verticalmente, en forma simultánea, chocan una antes que la	Además del análisis en función de las ecuaciones de un movimiento de caída libre, es necesario interpretar el término "verticalmente"	Los alumnos analizan la situación basando sus explicaciones en movimientos parabólicos con velocidades iniciales	El término fue interpretado en forma incorrecta.

Categorías II	Pregunta	Respuesta esperada	Respuesta obtenida	Dificultad encontrada
	otra con el agua que pasa por debajo? (p.36, <T>)	para responder: El término verticalmente en Física se utiliza para indicar el movimiento en la dirección de la aceleración de la gravedad.	y ángulos diferentes (LA15, LG07).	
Confusión entre conceptos	Un niño sentado en un vagón de ferrocarril, que se mueve con velocidad constante, lanza una pelota directamente hacia arriba. ¿Caerá la pelota detrás de él? ¿Delante de él? ¿En sus manos? ¿Qué sucedería si el vagón se acelerase hacia delante o tomase una curva mientras la pelota estuviese en el aire? (p.75, <R>).	En el texto se explica que si uno va en un automóvil que marcha a velocidad constante y lanza una pelota hacia arriba, en su marco de referencia, "observaría que cae directa hacia abajo" (pág 71, <R>). Esta aclaración ayuda al alumno a decidir la respuesta a las tres primeras cuestiones. Si la situación es observada desde un marco no-inercial (vagón acelerado o tomando una curva), se espera que el alumno transfiera a la explicación del movimiento de la pelota, lo explicado en el texto para una	"Cuando el niño está sentado y tira la pelotita hacia arriba tanto el niño como la pelotita tiene una velocidad inicial por lo tanto la pelotita caerá en las manos". (PF18) (el alumno responde en forma parcial) "La pelota cae en las manos porque la velocidad es constante para el niño, la pelota y el tren". (PF13)	El argumento que usa PF18 y que da validez a su afirmación, es que niño y pelota tienen velocidad inicial para que pueda caer en las manos. No distingue que estas velocidades son diferentes en dirección y sentido. PF13 confunde conceptos y en especial para establecer que las velocidades del niño, de la pelota y del tren, como magnitudes vectoriales, son diferentes.

Categorías II	Pregunta	Respuesta esperada	Respuesta obtenida	Dificultad encontrada
		masa atada al extremo de una cuerda: "Cuando el automóvil esté acelerando, frenando, o tomando una curva, la cuerda se desvía de la vertical." (pág 73,<R>).		
Limitación en la construcción del texto				
Nivel léxico	El plano inclinado es una "máquina" simple que nos permite efectuar un trabajo con la utilización de una fuerza más pequeña de lo que sería necesario de otro modo. La misma afirmación es aplicable a una cuña, una palanca, un tornillo, una rueda dentada y una combinación de poleas. Pero lejos de ahorrarnos trabajo, en la práctica requieren que efectuemos un trabajo ligeramente mayor con ellas que sin ellas. ¿Por qué es así?	En un problema se demuestra que el trabajo realizado por un agente externo para elevar un bloque hasta una altura determinada usando un plano inclinado o elevándolo directamente es el mismo cuando se supone "superficies sin fricción" (p. 151, <R>). La pregunta planteada ahora se refiere a una situación "en la práctica" donde ya no es válido despreciar la fricción. El estudiante debería relacionar este hecho	"...utilizamos tales máquinas porque al necesitar de una menor fuerza, el cansancio es también menor." (LA09)	La dificultad se relaciona con limitación en la construcción de significados a nivel conceptual. Encontramos que algunos estudiantes no asocian la expresión "en la práctica" utilizada en la pregunta a la existencia de rozamiento entre las superficies. Dicha expresión que, desde el punto de vista científico, se considera como una alusión al experimento

Categorías II	Pregunta	Respuesta esperada	Respuesta obtenida	Dificultad encontrada
	¿Por qué empleamos tales máquinas? (p. 163-164, <R>)	considerando la fuerza de rozamiento. Por la definición de trabajo y considerando que "debemos empujar el bloque por el plano inclinado una distancia mayor de lo que lo haríamos al elevarlo directamente", el trabajo realizado será ligeramente mayor. Sin embargo usamos tales máquinas porque "el plano inclinado permite utilizar una fuerza más pequeña que la que se necesitaría sin el plano" (p. 151, <R>).	real no es comprendida así por los alumnos. En este caso también se utiliza la palabra cotidiana cansancio sin buscarle una correspondencia en el lenguaje científico.	
Nivel semántico	¿Un objeto puede acelerar si su rapidez es constante? ¿Un objeto puede acelerar si su velocidad es constante? Si en algún caso su respuesta es afirmativa, mencione un ejemplo que lo verifique. (P.75, <R>)	La rapidez se usa para llamar al módulo o magnitud del vector velocidad. El texto indica que "... a causa de que v es un vector que tiene tanto dirección como magnitud, un cambio en la dirección de la velocidad puede producir una aceleración, aun	Un alumno respondiendo a la primera pregunta, expresa: Si su rapidez es constante "no puede acelerar ya que su aceleración es constante" (PF08).	La dificultad se relaciona con la construcción de significados o llamado patrón temático. (Lemke,1997).

Categorías II	Pregunta	Respuesta esperada	Respuesta obtenida	Dificultad encontrada
Nivel sintáctico	¿Qué fenómenos físicos (aparte de un péndulo y un reloj de cesio), podrían emplearse para definir un patrón de tiempo?	<p>si la magnitud de la velocidad no cambia. El movimiento con rapidez constante puede ser un movimiento acelerado ... El ejemplo más conocido de este caso es el movimiento circular uniforme.” (p. 60, <R>)</p>	<p>“Ejemplo por la caída de una pelota (u otro objeto) pero que tenga masa y el peso determinados, y lanzado a una cierta altura determinada así un hombre en cualquier lugar del mundo si toma esto como referencia van a tener la misma unidad de tiempo”. (PF05)</p>	<p>El estudiante muestra dificultades para organizar las oraciones en forma lógica.</p>