

Las explicaciones causales en clases de Física en la universidad

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Carla I. Maturano^{1,2}, María A. Soliveres¹, Carina Rudolph¹

¹*Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales (I.I.E.C.E.). Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes, Universidad Nacional de San Juan, Av. I. de La Roza 230 (Oeste). Capital, CP 5400, San Juan, Argentina.*

²*Departamento de Geofísica y Astronomía, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan, Av. I. de La Roza 590 (Oeste) C.U.I.M., Rivadavia, CP 5402, San Juan, Argentina.*

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

Resumen

Explicar científicamente un fenómeno en la clase de Física implica referirse a la manera en que la ciencia construye explicaciones en base a la experimentación y la observación. En ciertas ramas de la Física, estas explicaciones se basan inicialmente en eventos visibles y gradualmente se hacen más complejas involucrando teorías y relaciones causales. En el nivel universitario los estudiantes deberían producir explicaciones basadas en principios teóricos abstractos y en el razonamiento lógico. Este trabajo presenta un análisis de explicaciones escritas por alumnos universitarios de Física I en la Licenciatura en Geofísica y en la Licenciatura en Astronomía en la Universidad Nacional de San Juan, respondiendo a una situación física propuesta en un manual universitario como pregunta de aplicación. Los resultados sugieren que los estudiantes tienen dificultades para identificar y explicitar los principios teóricos del problema planteado, en otros casos no los integran a la explicación, o no expresan de manera adecuada las relaciones causales en sus respuestas.

Palabras clave: Explicaciones, Relaciones causales, Estudiantes, Física, Universidad.

Abstract

Explaining a phenomenon scientifically in the Physics class refers to the way science constructs explanations on the basis of experimentation and observation. In certain branches of Physics, these explanations are initially based on visible events and they gradually become more complex involving theories and causal relations. In the university level, students should be able to produce explanations based on theoretical abstract principles and on logical reasoning. This paper presents an analysis of explanations written by university students of Physics I in the careers of Licenciatura en Geofísica and Licenciatura en Astronomía at Universidad Nacional de San Juan, by answering to a physical situation proposed in a university textbook as an application question. The results suggest that students have difficulties to identify and explain the theoretical principles of the problem, in other cases they cannot integrate those principles to the explanation or cannot express the causal relations in their answers in an accurate way.

Keywords: Explanations, Causal relations, Students, Physics, University.

I. INTRODUCCIÓN

En la última década, algunas universidades argentinas han comenzado a ocuparse de la escritura de sus estudiantes, implementando nuevas acciones, tales como talleres de lectura y escritura en cursos de ingreso, aunque con escasa inserción en la estructura curricular de las carreras, lo cual permitiría sostenerlas en el tiempo (Carlino, 2006). En palabras de esta autora, los modos de escribir varían según el campo disciplinar y sólo se pueden aprender dentro del mismo.

Aprender ciencia significa aprender a hablar ciencia, es decir, aprender a utilizar el lenguaje conceptual especializado en lectura y escritura. Además, implica aprender a comunicar en el lenguaje de las ciencias mediante el uso de los géneros de las mismas (Lemke, 1990). Dicho autor señala que muchos de los problemas de aprendizaje del alumnado parecen deberse a un desconocimiento del patrón

estructural así como del patrón temático propio del tipo de texto científico solicitado y de las interrelaciones entre ambos. Por lo tanto, para que el estudiante progrese en su conocimiento científico, debería llegar a conocer los dos patrones, el temático y el estructural, y ambos deberían enseñarse de forma conjunta. De manera similar, Martín (1993) considera que el desarrollo de competencias de escritura en ciencias debe ser considerado desde el punto de vista del campo (el conocimiento que se construye) y el género (los patrones globales de organización del texto que empaqueta este conocimiento).

Tomando estos aportes como referencia, en la cátedra Física I de dos carreras universitarias de ciencias, planteamos situaciones físicas a fin de que los alumnos expliquen científicamente algunos fenómenos. En este trabajo presentamos una investigación centrada en las explicaciones producidas por una muestra de estudiantes universitarios con el objetivo de analizar el uso de este género.

II. MARCO TEÓRICO

La alfabetización académica implica considerar el conjunto de nociones y estrategias necesarias para participar en la cultura discursiva de las disciplinas y en las actividades de producción y análisis de textos requeridas para aprender en la universidad. Las disciplinas constituyen campos conceptuales, retóricos y discursivos con los cuales los individuos deben familiarizarse, particularmente, con las convenciones de su lenguaje escrito, de sus textos y de sus formas de lectura (Carlino, 2005).

Un enfoque basado en los géneros de las disciplinas constituye un punto de partida auténtico y representativo para favorecer la construcción, tanto de conocimiento discursivo, como de conocimiento disciplinar. Martín y Rose (2008) enfatizan que los géneros deben ser enseñados en el sistema formal de educación o lugares de trabajo. Así, los patrones globales de los textos académicos, científicos y profesionales se relacionan con las actividades humanas y los significados en cada una de estas culturas, en las que existen prácticas diferentes y específicas con propósitos particulares que dependen del campo de conocimiento, los participantes involucrados y el rol que el lenguaje y la multimodalidad cumplen en los textos.

La teoría del género y el registro, desarrollada en las tres últimas décadas por la denominada escuela de género de Sydney dentro del marco de la Lingüística Sistémico Funcional, ha descrito cierto número de géneros escritos utilizados en la enseñanza y el aprendizaje. Tomando como objeto de estudio los textos de ciencias, Martín y Rose (2008) identifican cuatro familias de géneros característicos: informes, explicaciones, procedimientos y relatos de procedimientos. Martín (1993), por ejemplo, describe las explicaciones como uno de los géneros más utilizados en la escritura de los alumnos en las clases de ciencia.

Explicar científicamente un fenómeno implica referirse a la manera en que la ciencia construye explicaciones en base a la experimentación y la observación (Veel, 2005). En ciertas ramas de la Física, estas explicaciones se basan inicialmente en eventos visibles y gradualmente se hacen más complejas involucrando teorías y relaciones causales. Martín y Rose (2008) identifican una estructura típica para este género, la cual comienza especificando el evento o fenómeno, seguido por una secuencia que lo explica, es decir, la etapa de explicación. Dentro del género *explicación*, se distinguen diferentes tipos, de los cuales a los fines de este artículo, nos centramos en las explicaciones causales.

Las explicaciones causales, cuya función es explicar *por qué* se produce un evento o fenómeno, generalmente involucran entidades y propiedades abstractas o explican eventos que no son accesibles a la observación y a la experiencia inmediata. Debido a que los procesos descriptos no son directamente accesibles a los sentidos, las relaciones de causa y efecto entre los eventos necesitan explicitarse y enfatizarse para construir una explicación lógica. Veel (2005) señala que en este género predominan las relaciones causales, tanto en número como en posición. Su escritura requiere que el estudiante desarrolle ciertas habilidades para comprenderlas y construirlas. En este trabajo nos centramos en la explicación causal ya que es el tipo de género que responde a la situación física que se analiza.

Resulta conveniente, en relación con el marco teórico que sustenta esta investigación, distinguir las explicaciones en Física de las argumentaciones que han sido arduamente estudiadas en las últimas décadas. La argumentación es la evaluación del conocimiento a partir de las pruebas disponibles (Jiménez Aleixandre y Puig, 2010), siendo la argumentación sobre modelos explicativos la comparación de la capacidad explicativa de distintos modelos que compiten por explicar un fenómeno. A diferencia de esta noción, las explicaciones que hemos investigado están planteadas para dar respuesta a las preguntas de aplicación de los manuales de Física I de nivel universitario y están basadas en un único modelo (la Mecánica Newtoniana) tal como se aborda en esos libros de texto. No se requiere en consecuencia la tarea de evaluación de modelos, lo cual resulta una diferencia significativa entre argumentación y explicación.

En este artículo, presentamos una investigación realizada con estudiantes de nivel universitario en torno a la producción escrita de explicaciones causales en las clases de Física para responder a una pregunta de aplicación incluida en un manual de este nivel. El objetivo es analizar el contenido y la estructura de dichas explicaciones para identificar aquellos aspectos que requerirían intervención a fin de optimizar esta tarea, teniendo en cuenta las características del género explicación y del contenido disciplinar específico de Física.

III. METODOLOGÍA

La muestra seleccionada está constituida por 29 estudiantes universitarios de primer año de las carreras de Licenciatura en Geofísica y Licenciatura en Astronomía de la Universidad Nacional de San Juan (Argentina). El instrumento utilizado incluye el planteo de una pregunta acerca de una situación física, cuya respuesta requiere la escritura de una explicación causal en el marco de la Mecánica Clásica. La aplicación de este instrumento se realizó durante el cursado de la asignatura Física I correspondiente al ciclo lectivo 2014, en la cual se abordan contenidos referidos a Mecánica Clásica.

La pregunta utilizada para promover la producción de la explicación causal se refiere al fenómeno del retroceso de un rifle cuando dispara una bala. La misma ha sido formulada teniendo en cuenta una de las preguntas complementarias propuestas al final del capítulo de uno de los manuales universitarios de Física más usados en el contexto de referencia (Serway y Jewett, 2008). La situación física, proporcionada a los estudiantes después de haber asistido a clases en las que se abordaron contenidos relacionados con la caracterización del centro de masas y el movimiento de un sistema de partículas, el ímpetu lineal y la conservación del ímpetu, fue la siguiente:

Un tirador sostiene holgadamente un rifle, de manera que pueda retroceder libremente al hacer un disparo. Suponga que está de pie con la culata del arma apoyada sobre su hombro. Si el ímpetu lineal se conserva, ¿por qué no es tan peligroso ser golpeado por el arma como ser golpeado por la bala? Explique detalladamente.

En función de los aportes ya citados en el marco teórico, en la Tabla I proponemos la estructura y el contenido que debería tener una explicación adecuada del fenómeno en el marco de la Mecánica Clásica, considerando la aplicación de los contenidos abordados en el capítulo para el cual se presenta la pregunta en el manual. Por lo tanto, la teoría involucrada se refiere a la conservación del ímpetu lineal y su aplicación para explicar la menor peligrosidad de ser golpeado por el arma que por la bala, mediante tres relaciones que se muestran también en dicha tabla.

TABLA I. Patrón estructural y temático utilizado para valorar las producciones

Teoría	Realizando un análisis unidimensional, y tomando como dato inicial que $P=cte$, la teoría involucrada es: Conservación del ímpetu lineal para un sistema de dos partículas: $m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$
Explicación del fenómeno físico a la luz de la teoría	Sistema: rifle (1) + bala (2) En $t=0$, rifle y bala están en reposo. Se supone a partir del conocimiento cotidiano que la masa de una bala es menor que la de un rifle: $m_1 > m_2$. Como el rifle sostenido por el tirador, luego del disparo retrocede, v_{1f} tiene signo diferente a v_{2f} . Los daños y efectos que puede causar un proyectil en los tejidos corporales dependen de varios factores. Entre estos (velocidad, perfil, estabilidad, poder de expansión y/o fragmentación y presencia de impactos secundarios), la velocidad probablemente sea el factor más importante (Magana Sánchez et al., 2011). Secuencia de explicación: Relación causal 1: Puesto que $v_{1i} = v_{2i} = 0$ y como $sg(v_{1f}) \neq sg(v_{2f})$, por lo tanto $m_1 v_{1f} = m_2 v_{2f}$. Relación causal 2: Como $m_1 > m_2$, por lo tanto $v_{1f} < v_{2f}$. Relación causal 3: Debido a que $v_{1f} < v_{2f}$, el daño que puede realizar el arma es menor que el que puede realizar la bala.
Respuesta a la pregunta formulada	No es tan peligroso ser golpeado por el arma como ser golpeado por la bala, porque después del disparo el arma tiene menor velocidad que la bala.

La misma respuesta y explicación que se incluyen en la Tabla I podrían obtenerse considerando que, debido a la conservación del ímpetu lineal del sistema, la velocidad del centro de masas se mantiene constante y, dada la condición de reposo inicial del mismo, se cumplirá que $v_{CMf} = 0$. Respecto a la respuesta, además de expresarse en función de las velocidades del arma y de la bala, la conclusión referida a la peligrosidad sería válida también si se incluyeran en la explicación la relación entre las energías cinéticas de ambos objetos y/o la relación entre las áreas de las superficies sobre las que se aplican las fuerzas al ser golpeado por el arma o por la bala.

IV. RESULTADOS

Hemos decidido analizar las respuestas teniendo en cuenta, por un lado, si responden o no a la pregunta formulada y por otro lado, si las relaciones causales que estructuran la explicación relacionan la teoría con la situación planteada. Así, para analizar la producción de los estudiantes, organizamos las respuestas teniendo en cuenta dos grandes categorías que formulamos a partir del análisis de dichas respuestas, lo cual nos llevó a subdividir estas categorías según las relaciones teoría-práctica, centradas en lo disciplinar, y según las relaciones causales, en lo que se refiere a la producción de una explicación causal que dé respuesta a la pregunta.

A. Explicaciones causales que responden la pregunta (59% del total de respuestas)

A.1. Explicaciones causales que responden la pregunta mediante relaciones que involucran la teoría adecuada (45%)

Las respuestas que se encuadran en esta categoría involucran las relaciones causales 1, 2 y/o 3 (cf. Tabla I) como se representa en la Figura 1. Como se aprecia en la misma, los porcentajes están expresados en función del total de respuestas de esta categoría. En las respuestas que incluyen las tres relaciones analizadas, las mismas coexisten en una secuencia explicativa coherente que combina aspectos teóricos generales y ecuaciones que se han aplicado a la situación con el objetivo de fundamentar la respuesta.

Como ejemplos de respuestas representativas de esta categoría, transcribimos dos explicaciones:

Ejemplo 1: “El ímpetu inicial sería: $P_0=0$. El ímpetu final sería: $P=mv_B-Mv_R$, donde la velocidad de la bala sería v_B y su masa m y, en el caso del rifle, v_R y M . $\Rightarrow P_0=P \Rightarrow mv_B=Mv_R$. Si bien los ímpetus son iguales, no es lo mismo ser golpeado por el rifle que por la bala porque la velocidad que lleva el primero es muy pequeña comparada con la de la bala, además de la influencia de las formas de los cuerpos. Teniendo en cuenta la relación de las masas de los objetos, la bala alcanzaría una velocidad muchísimo mayor que la del rifle”.

Ejemplo 2: “Porque el ímpetu lineal de la bala debe ser igual al del arma y para que esto ocurra, la velocidad de movimiento del arma (que es más masiva) debe ser menor que la de la bala. Como la velocidad de la bala será mayor, es más peligroso ser golpeado por ella”.

En el ejemplo 1 el estudiante explica claramente las relaciones 1, 2 y 3, mientras que en el ejemplo 2, el estudiante no indica la relación 1 pero la da por supuesta.

Analizando en detalle las respuestas encuadradas en esta categoría para cada una de las relaciones causales indicadas en la Tabla I, podemos señalar que:

Relación 1: En la mayoría de las explicaciones se omite detallar explícitamente esta relación. Sin embargo, todo indicaría que los estudiantes suponen que el sistema inicialmente se encuentra en reposo aunque no lo explicitan, lo cual se pone de manifiesto en que la consecuencia de la relación 1 es utilizada como causa de la relación 2, que se incluye en el 92% de las respuestas de esta categoría. En algunos casos, indican que el ímpetu lineal debe conservarse y por eso los ímpetus finales de la bala y el arma deben ser iguales y opuestos después del disparo, sin relacionar explícitamente con la situación de reposo inicial del sistema. En un caso, señala como causa de la relación 2 el hecho de que ambos componentes del sistema “reciben la acción de la misma fuerza” (en módulo). En otros casos, forma parte de las explicaciones la justificación de las causas por las cuales se cumple la conservación del ímpetu supuesta en el enunciado, indicando por ejemplo que “No actúan fuerzas externas en el sistema y las fuerzas internas se anulan”. Si bien no indican en las explicaciones por qué se consideran signos diferentes para las velocidades finales del rifle y de la bala, los estudiantes parten en todos los casos de suponer signos diferentes para ambas.

Relación 2: Esta relación se expresa tanto en lenguaje verbal como en lenguaje matemático a través de desigualdades entre las masas y/o las velocidades.

Relación 3: La peligrosidad es asociada por los estudiantes al daño que puede producir un objeto cuando impacta sobre otro. Si bien la mayoría de los estudiantes cuyas respuestas encuadramos en esta categoría vinculan el peligro del impacto con la velocidad, algunos también lo hacen en relación con la

energía y la forma del proyectil. Algunos estudiantes, que consideran como sistema en estudio el sistema tirador-arma-bala, tienen dificultades al momento de indicar la peligrosidad de ser golpeado por el arma, ya que el arma y el tirador forman parte del sistema elegido.

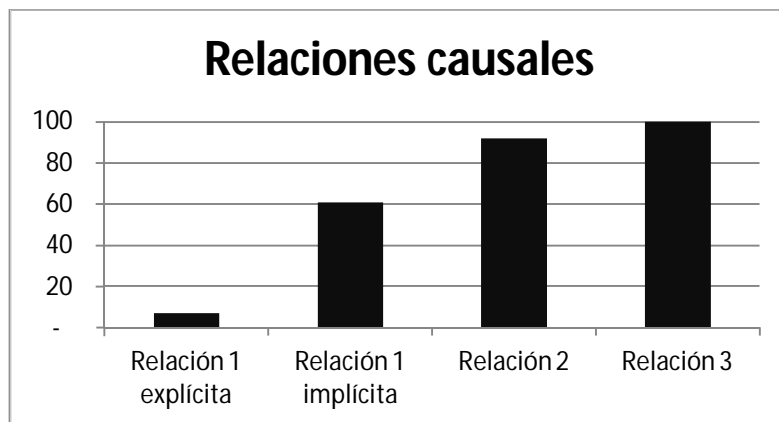


FIGURA 1. Relaciones causales incluidas en las respuestas de la Categoría A.1.

A.2. Explicaciones causales que responden la pregunta relacionando con la teoría de manera poco adecuada y/o incompleta (14%):

Teniendo en cuenta la relación teoría-práctica y las relaciones causales que forman parte de las respuestas, presentamos cuatro ejemplos que nos permiten caracterizar las explicaciones de los estudiantes.

Ejemplo 3: “No es tan peligroso ser golpeado por el arma como ser golpeado por la bala, debido a que sus masas son distintas; la masa de la bala es mucho menor que la masa que posee el rifle. Por lo tanto al ser la bala pequeña recorre más distancia y por ende adquiere mayor velocidad permitiendo que el daño sea mayor. El rifle al tener mayor masa cuesta más que se desplace y por ende no adquiere mucha velocidad por lo cual la intensidad del golpe con el arma es menor al de la bala”.

En el ejemplo anterior subrayamos en la cita las marcas lingüísticas que indican causalidad para facilitar la interpretación de la cadena de ideas. Notamos que se formulan relaciones causales entre ideas que no están vinculadas causalmente como “No es tan peligroso ser golpeado por el arma como ser golpeado por la bala, debido a que sus masas son distintas”. La respuesta además contiene una cadena causal desordenada, con grandes saltos, que conecta ideas de manera poco clara. En esta respuesta, la falta de orden para expresar la causalidad y la falta de la explicitación de la teoría que sustenta la explicación (que parece relacionarse con la posición y velocidad del centro de masas del sistema que ha de permanecer en reposo en este caso) no permiten explicar claramente el fenómeno, aunque se dé una respuesta a la pregunta formulada.

Ejemplo 4: “No es tan peligroso, porque a pesar de que el arma tiene mayor masa, la bala se dirige al blanco con mayor velocidad. Además, se considera al CM (centro de masa) del sistema al punto del sistema determinado por... [incluye ecuación de x_{CM}]... Entonces podemos decir que el CM se comporta de la misma manera que todo el sistema, sabiendo que el CM es un punto. Luego, si el ímpetu se conserva, el sistema es aislado, por ende la energía potencial se transforma en cinética y con la masa del sistema y la bala llegando a esa velocidad es más peligroso”.

Ejemplo 5: “No es tan peligroso ser golpeado por el arma porque esta tiene mayor masa que la bala, entonces costará al sistema mover el arma más que la bala por lo que la bala tendrá mayor velocidad. El centro de masas será aproximadamente a la mitad del largo del arma.”

En los ejemplos 4 y 5, se incluyen ideas inconclusas que no logran aplicar la teoría al ejemplo para explicar lo que sucede, aunque no se evidencian dificultades para explicitar los contenidos de Física. Además del desorden y la variedad de conceptos introducidos que no se aplican al ejemplo para producir una explicación, en la respuesta del Ejemplo 4 podemos observar la inclusión de relaciones causales poco comprensibles como ocurre en la oración final: “por ende la energía potencial se transforma en cinética y con la masa del sistema y la bala llegando a esa velocidad es más peligroso”.

Ejemplo 6: “Como la cantidad de movimiento se conserva $\Delta \vec{p} = 0$. La fuerza se calcula $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$, $v_B \gg v_A$. $\vec{F} = \frac{dm\vec{v}}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}$, $a_B \gg a_A$, $F_B \gg F_A$. La fuerza experimentada al ser golpeada por la bala será mucho mayor que la experimentada al ser golpeada por el arma ya que la velocidad de la bala será mucho mayor que la velocidad del arma, entonces $a_B \gg a_A$ y $F_B \gg F_A$ ”.

En el ejemplo 6 se menciona la conservación del ímpetu como una idea inconclusa que no se aplica a la situación. También se evidencian dificultades en lo referido al manejo de las variables intervinientes. El estudiante considera que la fuerza se relaciona con la masa y la aceleración, pero analiza únicamente la dependencia respecto de una de estas variables (la aceleración, que relaciona con la velocidad), descuidando la otra (la masa). Así, los problemas para manejar simultáneamente las variables que intervienen en una situación física provocan fallas en la explicación, la cual requeriría de una cuidadosa atención del comportamiento de todas las variables.

B. Explicaciones causales que no responden la pregunta (41%):

Las dificultades que llevan a los estudiantes a no responder la pregunta podrían asociarse a:

- **no se logra vincular la teoría con el ejemplo** (10%): la explicación incluye solamente enunciados teóricos que los estudiantes no consiguen relacionar con la situación planteada. Las respuestas contienen ecuaciones y explicaciones referidas a: (a) la causa de la condición inicial de conservación del ímpetu indicada en la pregunta o (b) el movimiento del centro de masas.

- **se evidencian dificultades para aplicar los contenidos de Física a la situación** (17%): esto ocurre por ejemplo: (a) al definir el sistema en estudio o (b) al considerar que la bala describe un movimiento acelerado y asociar en algunos casos este hecho con el daño mayor ocasionado.

- **se formula una explicación intuitiva** (4%): un estudiante intenta una explicación sin sustento teórico, respondiendo a partir del conocimiento cotidiano.

- **se explica otro aspecto involucrado en la situación o incluido en el enunciado, pero diferente a lo que se plantea en la pregunta** (10%): algunos estudiantes pierden de vista la pregunta redactando respuestas que: (a) se quedan en la relación causal 2 o (b) intentan explicar por qué retrocede el rifle o (c) focalizan la atención en el ímpetu total del sistema, sin responder la pregunta.

En esta categoría, también encontramos producciones con dificultades que parecen estar ligadas a fallas en las habilidades de producción de textos, como en el siguiente ejemplo:

Ejemplo 7: “Si el ímpetu lineal del sistema se conserva, es decir el ímpetu ($p=mv$) es constante, la velocidad es constante; no es tan peligroso ser golpeado por el arma porque actúa una fuerza externa [...] ($F_{ext}=m.a$), ya que las fuerzas internas se anulan por la tercera ley de Newton ($F_{12}=-F_{21}$), y como la velocidad es constante, la aceleración es cero. La bala es mucho más peligrosa porque tiene una aceleración constante”.

La coexistencia, en la respuesta del Ejemplo 7, de ideas poco claras y la tolerancia por parte del estudiante de la escasa consistencia interna entre las ideas, saca a la luz serias dificultades para producir explicaciones causales en el aprendizaje de la Física. En este ejemplo, se plantean relaciones causales muy confusas que no dotan de lógica interna a la respuesta, las que se mezclan con las dificultades conceptuales a las que se hizo alusión anteriormente.

Cabe destacar que con posterioridad a la aplicación de este instrumento, hicimos una devolución individual en la cual indicamos a cada estudiante las dificultades que se evidenciaban en su respuesta, subrayándolas en el original, sin sugerir cambios. Algunos estudiantes (24% del total de la muestra) reescribieron sus respuestas después de esta instancia, teniendo a la vista la versión original y las marcas de revisión. En algunos casos detectamos progresos en las explicaciones, especialmente en lo que se refiere a la aplicación de la teoría integrándola a la explicación. Sin embargo, en otras respuestas persisten las dificultades en las cadenas causales subsistiendo en la nueva versión saltos basados en la falta de vinculación del ejemplo con contenidos teóricos. Los estudiantes que explican el fenómeno intuitivamente en la primera aplicación, no logran avances significativos en este aspecto y los que tienen dificultades conceptuales graves en la primera escritura, siguen mostrando ideas erróneas desde el punto de vista de la Física.

V. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio han permitido obtener datos detallados acerca de las habilidades de escritura de los estudiantes en el ámbito académico disciplinar. Luego del análisis pormenorizado de las explicaciones de la muestra, podemos formular algunas generalizaciones respecto de la producción escrita de los estudiantes:

- Aunque las explicaciones en Física requieren la inclusión de ciertos contenidos teóricos, algunos estudiantes no lograron manejar esto de manera adecuada, ya sea porque explicaron intuitivamente el fenómeno o se limitaron a incluir solamente aspectos teóricos en sus respuestas. Como esto último ocurrió con una frecuencia considerable, las dificultades no podrían atribuirse simplemente a falta de estudio porque la teoría se enuncia, pero el estudiante no logra relacionarla con el fenómeno.

- Respecto del manejo de las variables intervinientes, a los estudiantes les costó visualizar la dependencia entre magnitudes físicas, lo que podría asociarse a que no hacen un análisis exhaustivo a partir de la ecuación que se usa para describir el fenómeno.

- Notamos en algunas respuestas que se perdió de vista el objetivo que es responder la pregunta formulada explicando en relación con la teoría. Así, algunos estudiantes se quedaron a mitad de camino en el intento de construir una explicación, escribiendo ideas sueltas que deberían retomarse como antecedentes causales de las relaciones subsiguientes, o analizando aspectos secundarios de la situación planteada.

- En cuanto a la redacción del texto, en algunas producciones destacamos la falta de nexos causales entre oraciones.

Resulta interesante destacar que no ha resultado suficiente indicar las dificultades en las producciones para que los estudiantes mejoren las explicaciones en la reescritura. El desarrollo de habilidades discursivas más complejas, como las que se involucran en una explicación, no se produce sólo a partir del requerimiento de mejorar la escritura salvo en casos poco frecuentes, lo cual muestra la necesidad de intervenir abordando explícitamente las características del género *explicación* en la clase de Física.

Esta investigación confirma lo que otros estudios realizados en el país ya han encontrado respecto de serios problemas para la lectura y la construcción de textos relacionados con los contenidos científicos para otras disciplinas de las Ciencias Naturales (Moyano, 2007). La investigación que se presenta en este artículo profundiza el análisis de dichos problemas en el ámbito específico de la Física y en el género *explicación*, por considerarlo uno de los géneros en que los estudiantes deberían ser introducidos sistemáticamente en sus estudios superiores en carreras científicas.

Si bien los que produjeron buenas explicaciones han intercalado la teoría expresada en forma general y ecuaciones que muestran la aplicación de la misma al ejemplo concreto, consideramos que a los estudiantes que tuvieron más dificultades, podría ayudarles identificar y escribir primero la teoría mediante la cual explicarán la situación y luego aplicarla al caso particular. Esto permitiría mejorar también la organización de las cadenas causales en el escrito que produzcan.

En síntesis, resultaría necesario formular un modelo de explicación causal que involucre la teoría, la relación de la teoría con la situación planteada y que incluya, a modo de cierre, un enunciado que responda a la pregunta. Dicho modelo podría trabajarse en las clases de Física como un programa de enseñanza de la escritura en las disciplinas para ayudar a los estudiantes a mejorar el aprendizaje disciplinar a la vez que desarrollan habilidades comunicativas acerca del género *explicación* aplicables a otras disciplinas de las Ciencias Naturales relacionadas con su formación como futuros científicos.

REFERENCIAS

Carlino, P. (2005). *Escribir, leer y aprender en la universidad. Una introducción a la alfabetización académica*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica de Argentina.

Carlino, P. (2006). Concepciones y formas de enseñar escritura académica. *Signo & Señal. Procesos y prácticas de escritura en la educación superior*, 16, pp. 71-117.

Jiménez Aleixandre, M. P. y Puig, B. (2010). Argumentación y evaluación de explicaciones causales en ciencias: el caso de la inteligencia. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 17(63), pp. 11-18.

Lemke, J.L. (1990). *Talking Science: language, learning and values*. Norwood, N.J.: Ablex.

Magana Sánchez, I. J., Torres Salazar, J. J., García-Núñez, L. M. y Núñez-Cantu, O. (2011). Conceptos básicos de balística para el Cirujano General y su aplicación en la evaluación del trauma abdominal. *Cirujano General [online]*, 33(1), pp. 48-53.

Martin, J. R. (1993). Literacy in Science: Learning to Handle Text as Technology. En M. A. K. Halliday y J. R. Martin. *Writing science: Literacy and discursive power* (pp. 166-202). London: The Palmer Press.

Martin, J. R. y Rose, D. (2008). *Genre relations. Mapping culture*. London: Equinox.

Moyano, E. (2007). Enseñanza de habilidades discursivas en español en contexto pre-universitario: Una aproximación desde la LSF. *Revista Signos*, 40(65), pp. 573-608.

Serway, R. y Jewett, J. W. (2008). *Física para ciencias e ingeniería. Volumen 1*. Séptima edición. México: Cengage Learning Editores.

Veel, R. (2005). Learning how to mean – scientifically speaking: apprenticeship into scientific discourse in the secondary school. En F. Christie y J. R. Martin (Eds.), *Genre and institutions: Social processes in the workplace and school* (pp. 161-195). London: Continuum Collection Series.