

Características del aprendizaje de conceptos *tipo proceso* a partir de textos

Learning Process-type concepts from texts: its characteristics

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

M. Cecilia Pocoví¹, Liliana Ledesma¹ y Elena Hoyos²

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Avenida Bolivia 5150, CP 4400, Salta, Argentina.

²Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Salta, Avenida Bolivia 5150, CP 4400, Salta, Argentina.

E-mail: cpocovi@gmail.com

Resumen

Se describen algunas características que han sido identificadas como comunes al proceso de aprendizaje de conceptos clasificados ontológicamente como de *tipo proceso* (Chi, 2013). En particular, se focaliza en la situación en la que los alumnos aprenden el concepto a partir de textos y comienzan su aprendizaje con concepciones iniciales que pertenecen a la categoría ontológica *tipo materia*. A partir de estas concepciones, se analiza el proceso seguido por los estudiantes hasta alcanzar la concepción científicamente aceptada del concepto a aprender, mediante el uso de una metodología de estudio de caso. Se detectó que, tanto en el caso de conceptos *tipo proceso emergente* como en aquellos de *tipo proceso directo*, el pasaje desde la concepción material hacia la científica no se realiza en un sólo paso, antes bien, existe una etapa intermedia en la que los aprendices conciben al concepto como un proceso simplificado pero erróneo. Se proponen alternativas futuras para minimizar la permanencia en la etapa intermedia.

Palabras clave: cambio conceptual; ontología de los conceptos; aprendizaje ontológico; textos.

Abstract

This work describes some characteristics that have been identified as common among several learning processes that take place when students learn Process type concepts (Chi, 2013). In particular, several situations where learning is attained from texts are described. Focus is made on those students who begin their learning process, having a Matter-based conception of the target concept and their evolution towards the scientifically accepted conception is described. Both, in the learning of Emergent-Process-type concepts as well as in that of the Direct-Process ones, the path from the material conception toward the scientific one is not performed in one step but, instead, there is evidence that there exists an intermediate stage in which learners conceive the concept as a simplified but erroneous process. Future alternatives are proposed for minimizing the duration and permanence within the intermediate stage.

Keywords: conceptual change, concept ontology, ontological learning, texts

I. INTRODUCCIÓN

Existe evidencia que muestra que la mayoría de los conceptos de Física pertenecen a la categoría ontológica de Procesos, tal como fue definida por Chi (1992;2005) y Chi y otros (1994b). Asimismo, a lo largo de los años, las investigaciones en enseñanza de ciencias, encuadradas en el cambio conceptual centrado en aquel que sufre la ontología de un concepto, tal como es entendida por el que aprende, han descripto diferentes tipos de aprendizaje que se llevan a cabo de acuerdo a la situación inicial del estudiante (Chi, 2008; 2013). En este contexto, también resultan relevantes los recursos y materiales didácticos a partir de los cuales los alumnos aprenden, entre los que la lectura de textos se puede identificar como uno de los más importantes en el caso de los alumnos universitarios (Nist y Simpson, 2000).

En el presente trabajo se describen algunas características que han sido identificadas como comunes al proceso de aprendizaje de conceptos clasificados ontológicamente como de *tipo proceso* (Chi y otros, 2012). En particular, se analizan situaciones en las que los alumnos aprenden el concepto físico a partir de textos combinados con actividades que favorecen su comprensión. Además, el estudio se focalizará en aquellos alumnos que comienzan su aprendizaje con concepciones iniciales que pertenecen a la categoría ontológica *tipo materia*. Así, en este análisis, confluyen marcos teóricos que fundamentan cada aspecto

del trabajo y que se consideran como complementarios para lograr un enfoque holístico de la descripción del proceso de aprendizaje.

II. STATUS QUO Y MARCOS TEÓRICOS SELECCIONADOS

A. Aprendizaje a partir de textos y actividades que favorecen su comprensión

En la actualidad la mayoría de las investigaciones reconocen que el aprendizaje a partir de la lectura de textos es de naturaleza multidimensional en donde intervienen variables tales como el contexto, el lector y el texto (Alexander y Jetton, 2000; Nist y Simpson, 2000; Alexander y Kulikowich, 1994).

Alexander y su grupo de investigación se han destacado por su estudio, a lo largo de décadas de los procesos de comprensión lectora asociados con la disciplina acerca de la cual se lee (Alexander, 1997; 1998a; 1998b; 2005; Alexander y Jetton, 2000). Alexander y Kulikowich (1994) clasifican a los textos de Matemática y Física como “bilingües” ya que la información se presenta utilizando modos de inscripción variados que corresponden a símbolos matemáticos e información lingüística. Mientras que el sistema simbólico consiste en las fórmulas, gráficos y ecuaciones, el sistema lingüístico se refiere a las aclaraciones verbales que se utilizan para describir el sistema físico bajo estudio, entonces, el estudiante para dar sentido a lo que lee, debe moverse entre ambos sistemas de información (p. 899). En relación al sistema simbólico que se emplea en los textos de ciencias para describir la situación física, Redish (2005) afirma que los novatos tienden a interpretar las ecuaciones en Física como expresiones matemáticas despojando a sus componentes de todo sentido físico. Jetton y Lee (2012) señalan que la comprensión de textos científicos se facilita cuando existe una adecuada integración entre el sistema simbólico y el lingüístico. Más aún, destacan que los estudiantes hacen mejor uso de la información cuando el fenómeno físico es expresado en forma verbal. Esto coincide con la postura de Alexander y Jetton (2000) quienes definieron a estos alumnos novatos como “lectores en aclimatación” y establecieron que, para ellos, es fundamental describir en palabras los conceptos a aprender.

Los alumnos de los cursos de Física introductoria pueden considerarse como lectores inicialmente en desventaja (y en aclimatación) ya que presentan grandes dificultades para realizar por sí mismos interpretaciones verbales. Como se señaló, tienden a centrarse en las ecuaciones matemáticas que describen los fenómenos y no en los conceptos físicos detrás de esas ecuaciones. Teniendo en cuenta estas características de los alumnos de primer año de la universidad, que constituyen el objeto de estudio de la presente investigación, se decidió adoptar el marco teórico presentado en Alexander y Kulikowich (1994) y la de Alexander y Jetton (2000) para guiar el diseño de textos experimentales.

Las investigaciones sobre comprensión lectora también involucran abordajes centrados en los procesos metacognitivos que llevan a cabo la persona que aprende a partir de textos. Holschuch y Aultman (2009) realizaron una revisión de las “estrategias de comprensión” identificadas como más importantes en relación con la actividad de lectura. Destacan el papel de las estrategias metacognitivas para el caso de los alumnos universitarios y establecen que la discrepancia entre los buenos y malos lectores es más notable en la universidad cuando se espera que los estudiantes posean habilidades de este tipo.

Brown y sus colaboradores (2004) llevaron a cabo investigaciones cuyo objetivo fue el de facilitar la adquisición de capacidades metacognitivas en contextos educativos. Diseñaron una estrategia de enseñanza recíproca en la que los estudiantes participan de actividades que les permiten desarrollar ciertas habilidades que favorecen la comprensión, estas actividades son de carácter metacognitivo y el nombre dado a las mismas es “Actividades que Favorecen la Comprensión (AFC)” (CFA: Comprehension Fostering Activities).

Las actividades seleccionadas por Brown y otros (2004) para promover y supervisar la comprensión lectora deben tener como objetivos: 1) clarificar los propósitos de la lectura, 2) activar el conocimiento previo relevante, 3) focalizar la atención en los aspectos más importantes del texto, 4) promover la evaluación crítica del contenido del texto, 5) favorecer la elaboración de inferencias.

B. Cambio conceptual

La forma en que la naturaleza u ontología de los conceptos es identificada y aprendida, ha sido investigada desde hace décadas por científicos cognitivos (Keil, 1979; Sommers, 1963). En la actualidad, la mayoría de los trabajos realizados siguiendo esta línea de investigación (Medin y Rips, 2005) reconocen que el significado de un concepto está dado por la categoría ontológica a la cual se asigna.

La Teoría de cambio conceptual de Chi (1992) afirma que los errores conceptuales que se presentan en las situaciones de aprendizaje de Física y que afectan la comprensión correcta de los conceptos científicos (Chi y otros, 1994b; Slotta y Chi, 2006; Chi y otros, 2012) generalmente involucran a las categorías on-

tológicas de Materia y Proceso (por ser categorías, se indicarán con mayúsculas) (Chi y otros, 1994a). Es decir, los errores conceptuales se producen cuando una persona categoriza un concepto que, por ejemplo, pertenece a la categoría Proceso, como de *tipo materia*. A continuación, se realiza un resumen de los puntos sobresalientes de la teoría de cambio conceptual seleccionada.

Una categoría ontológica es una estructura conceptual, un sistema clasificatorio que puede definirse con precisión (Chi, 1992). Todos los miembros de una misma categoría pueden predicarse con un conjunto de atributos ontológicos característicos de esa categoría, que son aquellos que cada entidad puede potencialmente poseer. Si una entidad pertenece a una categoría, se formarán oraciones que tienen sentido (verdaderas o falsas, pero con sentido) al predicarla con los atributos de esa categoría. Por ejemplo, "estar roto" es un atributo ontológico de la categoría *materia*. Un objeto material como, por ejemplo, una silla, puede potencialmente romperse. Entonces, la oración "la silla está rota" constituye una frase con sentido, aunque sea falsa (si la silla está sana). En cambio, afirmar que "la fuerza está rota" o "la aceleración está rota" son oraciones sin sentido y, por lo tanto, se concluye que ni el concepto de fuerza ni el de aceleración pertenecen a la categoría *tipo materia*.

El conjunto de atributos ontológicos de la categoría *materia* fue definido de manera temprana en el planteo de la teoría que nos ocupa y consiste, por ejemplo, en: "ser empujable", "ser contenible", (Slotta y otros, 1995; Slotta y Chi, 2006) "ocupar un lugar en el espacio", "ser trasladable", entre otros (Reiner y otros, 2000). Como se puede apreciar, todos estos atributos en la forma de predicados, forman una oración con sentido cuando se utilizan, por ejemplo, con el concepto de "masa" (Chi, 1992, Reiner y otros, 2000).

El conjunto de atributos ontológicos de la categoría *proceso* fueron identificados y detallados a medida que se perfeccionó la teoría de *cambio conceptual ontológico* (Chi, 1992; Chi y Slotta, 1993; Reiner y otros, 2000; Chi, 2008; Chi y otros, 2012; Chi, 2013) y en este trabajo se mostrará sucintamente en qué consisten. Se sugiere al lector interesado, leer en profundidad los artículos citados para una comprensión más profunda del tema.

Los conceptos que pertenecen a la categoría *tipo proceso* se caracterizan por presentar componentes (Chi, y otros, 2012) que interactúan entre sí, para dar lugar a un patrón observable (Chi, 2008). Existen dos tipos de procesos: emergentes y directos (o secuenciales). A pesar de que ambos procesos comparten algunas características similares, son fundamentalmente distintos. Estas diferencias pueden ser enunciadas considerando: 1) el comportamiento de las componentes, 2) la forma en que las componentes son tratadas, es decir como "*clase*" o como "*colección*" y, 3) los mecanismos causales que relacionan las componentes y el patrón observado (Chi, 2013).

A partir de esta caracterización del cambio conceptual, Chi (2008) estableció que la forma en que se aprende de un concepto depende de la ontología de las concepciones iniciales de los estudiantes, siendo más complejos, aquellos procesos de aprendizaje que involucran el cambio conceptual desde una categoría ontológica inicial hacia otra. A este tipo de cambio conceptual se lo denomina *cambio conceptual radical*. Por ejemplo, esta situación se presenta cuando los alumnos poseen inicialmente, ideas materiales de conceptos que, en realidad, pertenecen a la categoría *proceso*. Es en la descripción de cómo se realiza este cambio radical en la que centrará este trabajo.

D. Combinación de los marcos teóricos

En este trabajo se utilizó la combinación de los marcos teóricos presentados, los cuales no se consideran en oposición, sino que se toman como complementarios para sustentar el diseño de material didáctico (textos y actividades) que propicien el cambio conceptual en el caso del aprendizaje del concepto de aceleración. La postura planteada por Alexander en sus distintos trabajos aportó al diseño de textos con alto contenido lingüístico, la perspectiva de Brown guió el diseño de las AFC y la de Chi sirvió para orientar el contenido de los textos diseñados y de las AFC hacia la explicitación de los atributos ontológicos del concepto de aceleración. Además, estos referenciales teóricos orientaron la búsqueda de las concepciones ontológicas iniciales de los alumnos y su transformación hacia la ontología correcta, durante el proceso de aprendizaje.

III. PREGUNTA DE LA INVESTIGACIÓN

En la presentación del marco teórico de cambio conceptual ontológico, se mencionó que éste se considerará logrado si el estudiante cambia la ontología de sus concepciones iniciales y logra comprender la ontología del concepto aceptado científicamente. Si bien el corrimiento final de una categoría a otra ha sido investigado y comprobado en relación a distintos conceptos (Pocoví, 2016), hasta ahora no se han dado detalles acerca de qué caracteriza ese proceso de cambio ontológico de las ideas de los estudiantes. En particular, no se ha descrito el paso desde una ontología *tipo materia* hacia una de *tipo proceso* y no

se han establecido similitudes y diferencias entre esos aprendizajes. Así, se planteó la siguiente pregunta de investigación, restringida al aprendizaje del concepto de aceleración y fuerza: ¿Se pueden identificar características del proceso de cambio conceptual en el aprendizaje de conceptos *tipo proceso (directo y emergente)* para el caso de estudiantes que poseen inicialmente concepciones *tipo materia*?

IV. ONTOLOGÍA DE LOS CONCEPTOS DE ACELERACIÓN Y FUERZA

Por cuestiones de espacio, en lugar de detallar las diferencias ontológicas que existen entre los procesos de tipo directo y aquellos de tipo emergentes de manera teórica, lo haremos mostrando las que existen entre los dos conceptos particulares sobre los que se realizó el presente trabajo: la aceleración (concepto tipo *directo*) y la fuerza (concepto tipo *emergente*). En el caso de la aceleración, las componentes de este concepto son la diferencia de los vectores velocidad en dos tiempos (numerador) y el intervalo de tiempo (denominador). En el caso de la fuerza, que representa la interacción entre un sistema a estudiar y el medio, las componentes son: el sistema a analizar y las distintas partes del medio con las que interactúa el sistema. A continuación, se detallan las distintas características de estas componentes.

El comportamiento de las componentes a nivel constitutivo se muestra en la tabla I.

TABLA I. Comportamiento de las componentes en *procesos directos vs. procesos emergentes*.

Atributo de Proceso Directo vs. Emergente	Aceleración	Fuerza
El comportamiento de las distintas componentes es diferente vs. uniforme.	El cambio de velocidad es una magnitud vectorial mientras que la otra, el intervalo de tiempo, es una magnitud escalar.	En la interacción entre un sistema y el medio ambiente, uno ejerce fuerza sobre el otro y el otro sobre el uno.
Las interacciones de las componentes son limitadas vs. no restringidas a cierto tipo de componentes.	La interacción entre las componentes corresponde a un cociente en donde el numerador es siempre el cambio en la velocidad (o resta entre velocidades) y el denominador es siempre el intervalo de tiempo (o resta entre dos tiempos).	El sistema bajo estudio puede interactuar con cualquier parte del medio.
Las componentes actúan en un orden secuencial vs. simultáneo.	La velocidad final se resta de la velocidad inicial, y lo mismo para el cálculo del intervalo de tiempo.	La interacción entre sistema y medio es simultánea pues si un elemento del medio ejerce una fuerza sobre el sistema, existe al mismo tiempo una fuerza que el sistema ejerce sobre ese elemento del medio.
La interacción de las componentes de un Proceso Secuencial termina vs. continúa cuando no existe patrón observado.	El cociente entre el cambio en las velocidades y el intervalo de tiempo es nulo cuando el movimiento no es acelerado.	La interacción entre sistema y medio continúa incluso cuando el sistema y el medio se encuentran en equilibrio.
Las interacciones de las componentes de un proceso secuencial son dependientes entre sí vs. independientes entre sí.	Las velocidades involucradas en la diferencia del numerador se corresponden con los tiempos involucrados en la diferencias del denominador.	La interacción entre el sistema y una parte del medio existe, aunque el sistema también interactúe con otra parte del medio.

El tratamiento de las componentes como *clase* se muestra vs. aquel de las *colecciones*. Una *clase* está formada por miembros que comparten algunas características o propiedades definidas, como, por ejemplo, la apariencia. En el caso de una *colección*, la pertenencia al grupo no está determinada por sus propiedades compartidas sino por sus interacciones. En el caso de la aceleración, tanto el numerador como el denominador se refieren a un cambio en una magnitud y, por lo tanto, se puede decir que forman parte de una *clase*. En el caso de la Fuerza, las dos componentes (el sistema y el medio) justamente representan la interacción entre ellos y, por lo tanto, pueden ser tratados como miembros de una *colección*.

La relación entre las componentes y el patrón se muestra en la tabla II para el caso de *procesos directos vs. procesos emergentes*.

TABLA II. Comportamiento de las componentes en *procesos directos vs. procesos emergentes*.

Comportamiento de componentes en <i>procesos directos vs. procesos emergentes</i>	Aceleración	Fuerza
El comportamiento de diferentes componentes posee distinto <i>vs.</i> igual estatus en la producción del patrón.	Un cambio en el valor de la diferencia de velocidad o del intervalo de tiempo resulta en un movimiento acelerado diferente.	Cada interacción dinámica entre el sistema y una parte del medio tiene el status de fuerza.
Las contribuciones algunas componentes son más responsables <i>vs.</i> igualmente responsables del patrón que otras.	La velocidad, al ser una magnitud vectorial, puede cambiar de dirección, sentido o magnitud, mientras el tiempo, al ser una magnitud escalar, puede sólo cambiar sólo su magnitud.	Tanto el sistema bajo estudio como la parte del medio con el que se produce la interacción son responsables de la generación de la fuerza correspondiente.
El comportamiento de algunas componentes <i>vs.</i> todas las componentes se correlaciona con el patrón global del proceso.	El cambio de velocidad corresponde a la dirección y sentido de la aceleración del movimiento resultante.	Ambas componentes (sistema y medio) son responsables de la fuerza de interacción. La fuerza no existe si falta una de las componentes.

El análisis previo, permite concluir que, mientras que la aceleración es un concepto *tipo proceso directo*, la fuerza es uno de tipo *emergente*.

V. METODOLOGÍA

Para describir el proceso de aprendizaje de alumnos que poseen inicialmente una idea material de los conceptos a aprender, es indispensable seleccionarlos de manera intencional. Según Marradi y otros (2012), el estudio de caso constituye una estrategia de indagación que permite lograr una caracterización profunda del objeto bajo estudio, permitiendo identificar patrones recurrentes. Los alumnos seleccionados pertenecen al primer año de carreras de ingeniería y están en condiciones de comenzar el cursado de Física I (mecánica básica). El aprendizaje de las nociones de aceleración y fuerza se llevó a cabo a partir de textos y AFC diseñados para destacar los atributos ontológicos de los conceptos a aprender. Las lecturas y AFC forman parte de cursos extracurriculares que se dictan durante dos semanas previas al comienzo de las clases de Física I (uno sobre el concepto de fuerza y otro sobre el de aceleración). Estos instrumentos han sido descritos en trabajos anteriores (Ledesma y Pocoví, 20013; Pocoví y otros, 2017).

Así, se diseñaron tres entrevistas que se realizaron a lo largo del proceso de aprendizaje de cada tema (aceleración y fuerza): una inicial (para determinar la ontología de las ideas iniciales de los alumnos), otra después de una primera lectura de los textos y la realización de cinco AFC y la tercera, después de la segunda lectura y la realización de quince AFC. Para las entrevistas correspondientes a sendos temas, se formó un grupo de cuatro alumnos seleccionados en base dos criterios: su posesión de concepciones materiales previas al aprendizaje formal y su afinidad (social) con los otros participantes seleccionados. Este último requerimiento facilita que los participantes se expresen libremente en un ambiente de confianza (Taylor y otros, 2015).

En estas entrevistas el énfasis no estuvo puesto en las formas de interacción entre los participantes, sino en las respuestas de cada uno de los estudiantes que conformaron el grupo. Sus respuestas fueron analizadas y clasificadas de acuerdo a un protocolo (descrito en trabajos anteriores, Pocoví y otros, 2017) según el cual se asigna una categoría ontológica al concepto que poseen los alumnos de acuerdo a los predicados que utilizan para describirlo. Las respuestas fueron validadas por lo menos por dos investigadores y las discrepancias fueron consensuadas sin mayores dificultades.

VI. RESULTADOS

La tabla III muestra algunos ejemplos de los resultados obtenidos a partir de las entrevistas. Para el caso del concepto de aceleración, se solicitó a los alumnos que describieran situaciones de movimiento acelerado y, para el caso del concepto de fuerza, se requirió a los alumnos describir la interacción entre una soga y un cuerpo. En ambos casos, las entrevistas se basaron en situaciones análogas a las descriptas en trabajos anteriores (Ledesma y Pocoví, 2013; Pocoví y otros, 2017).

TABLA III. Ejemplos de expresiones de los alumnos que corresponden a distintas concepciones ontológicas de los conceptos de aceleración y fuerza.

ACELERACIÓN	Sobre la descripción de movimientos acelerados
Concepto tipo materia	Alumno 1: "... yo creo que el auto siempre lleva la misma aceleración." Alumno 2: "Tiene que perder un poco de aceleración" Alumno 3: "Tiene que tomar aceleración" Alumno 4: "El auto blanco gana aceleración más rápido"
Concepto tipo proceso Erróneo	Alumno 1: "la aceleración del auto blanco es menor ya que demoró menos en hacer el cambio de velocidad" Alumno 2: "Durante la subida, disminuye la velocidad, por lo tanto, también va a disminuir la aceleración." Alumno 3: "Los dos autos tienen la misma velocidad y aceleración, lo único en lo que varía es el tiempo en que la aceleración disminuye" Alumno 4: "[para determinar la aceleración...] Hay que hacer la resta de las velocidades"
Concepto tipo proceso directo	Alumno 1: "Existe aceleración sólo si hay un cambio de la velocidad en un intervalo de tiempo." Alumno 2: "la aceleración depende del cambio de la velocidad y del tiempo en que se hace" Alumno 3: "Sí, porque la fórmula de la aceleración es el cambio de la velocidad dividida por el intervalo de tiempo. Es decir que depende del cambio de la velocidad en un determinado tiempo." Alumno 4: No logra conceptualizar a la aceleración como Proceso Directo
FUERZA	Sobre la descripción de una interacción sogá-cuerpo:
Concepto tipo materia	Alumno 5: "El cuerpo tiene la fuerza que le hace la sogá" Alumno 6: "La cuerda le pone una fuerza..." Alumno 7: "La fuerza lo tiene agarrado" Alumno 8: "La sogá le entrega la fuerza al sostenerlo"
Concepto tipo proceso Erróneo	Alumno 5: "La sogá hace una fuerza sobre el cuerpo" Alumno 6: "El cuerpo se sostiene por la fuerza que la sogá ejerce" Alumno 7: "La fuerza es ejercida por la sogá" Alumno 8: "La sogá ejerce una fuerza"
Concepto tipo proceso emergente	Alumno 5: "La sogá hace una fuerza sobre el cuerpo y el cuerpo otra sobre la sogá" Alumnos 6 y 8: "La sogá ejerce una fuerza sobre el cuerpo y el cuerpo ejerce una fuerza sobre la sogá." Alumno 7: "La sogá y el cuerpo se ejercen fuerzas entre sí"

En general, existe un corrimiento de las concepciones estos alumnos hacia aquellas científicamente aceptadas tanto en el caso de la aceleración como en el de fuerza. Este corrimiento ya fue mostrado en trabajos anteriores (Ledesma y Pocoví, 20013; Pocoví y otros, 2017).

Las filas de la tabla III que muestran la existencia de un estadio intermedio entre la adquisición del concepto científico y la idea material inicial de los estudiantes (denominado "*concepto de tipo proceso erróneo*") permite contestar afirmativamente a la pregunta de investigación. En este estadio, las manifestaciones materiales sobre un concepto se reducen a un mínimo y, en cambio, surge la mención de algunas componentes (ontológicas) de los conceptos a aprender. Sin embargo, la comprensión del concepto como de *tipo proceso* es una versión simplificada y, por ende, incorrecta.

En el caso de la aceleración, el Alumno 1 reconoce, en esta etapa, la dependencia de la aceleración con el intervalo de tiempo en el que se realiza el cambio de velocidad pero esa dependencia es errónea, o sea, es del tipo de una proporcionalidad directa ($a \propto \Delta t$). En otras palabras, reconoce una componente ontológica de la aceleración, pero no su comportamiento. El Alumno 2, reconoce como componente de la aceleración al cambio en la velocidad, pero lo asocia con un cambio en la aceleración; es decir, logra identificar una componente, pero no distingue la diferencia entre componente y patrón (aceleración). El Alumno 3, además de confundir el patrón con la velocidad, menciona al tiempo como una componente cuyo comportamiento no está correctamente interpretado ya que la incluye para inferir que la aceleración disminuye (cuando en el caso analizado, era constante y lo que disminuía era la velocidad). El Alumno 4 sólo menciona una componente ontológica (cambio de velocidad) de la aceleración.

En el caso de la fuerza, al requerirles la descripción de la interacción entre la sogá y el cuerpo, los estudiantes que partieron con una concepción material del concepto, pasan a otra etapa en la cual reconocen la acción de la fuerza sobre el cuerpo, pero no mencionan la acción del cuerpo sobre la sogá. Es decir, manifiestan identificar la interacción en un sólo sentido. Esta situación se presentó en todos los estudiantes entrevistados.

VII. CONCLUSIONES

En el análisis realizado sobre las respuestas dadas por los alumnos que inicialmente manifestaron poseer concepciones materiales de los conceptos a aprender, se puede notar que antes de lograr el cambio conceptual hacia la concepción científica de conceptos *tipo proceso*, los estudiantes pasan por una etapa intermedia en la cual reconocen el carácter de proceso del concepto pues identifican algunas de sus componentes ontológicas. Sin embargo, esta primera identificación es simplificada ya que no se incluyen todas las componentes del concepto y, además, se les asocian comportamientos erróneos. Esta etapa intermedia se presenta tanto para el caso del aprendizaje de conceptos *tipo proceso emergente* como para el caso de conceptos *tipo proceso directo*.

Los resultados mostrados sugieren líneas futuras de investigación que estén centradas en la descripción de esta etapa intermedia de aprendizaje de manera de lograr plantear alternativas para reducir o, en el mejor de los casos evitar, la permanencia de los alumnos en ella. Desde la perspectiva del aprendizaje a partir de textos, podría implicar el diseño de textos y AFC que incluyan ejemplos y actividades que involucren específicamente el trabajo con todas las componentes de un concepto *tipo proceso* (ya sea *directo* o *emergente*) y con su comportamiento, mostrando explícitamente en qué se altera la naturaleza u ontología del concepto a aprender al no considerarse alguna de ellas.

REFERENCIAS

Alexander, P.A. y Kulikowich, J. (1994). Learning from a Physics text: A synthesis of recent research. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 895-911.

Alexander, P. A. (1997). Mapping the multidimensional nature of domain learning: The interplay of cognitive, motivational, and strategic forces. En M. L. Maehr y P. R. Pintrich (Eds.), *Advances in motivation and achievement* (Vol. 10, págs. 213-250). Greenwich, CT: JAI Press.

Alexander, P. A. (1998a). Positioning conceptual change within a model of domain literacy. En B. Guzzetti, y C. Hynd (Eds.), *Theoretical perspectives on conceptual change: Multiple ways to understand knowing and learning in a complex world* (págs. 55-76). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Alexander, P. A. (1998b). The nature of disciplinary and domain learning: The knowledge, interest, and strategic dimensions of learning from subject-matter text. En C. Hynd (Ed.), *Learning from text across conceptual domains* (págs. 263-287). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Alexander, P. A., y Jetton, T. L. (2000). Learning from Texts: A multidimensional and developmental perspective. En M. P. Kamil (Ed.), *Handbook of Research of Reading* (págs. 285-310). New Jersey: Lea Inc.

Alexander, P. A. (2005). The path to competence. A lifespan developmental perspective on reading. *Journal of Literacy Research*, 413-436.

Brown, A. L., Palincsar, A. S. y Armbruster, B. B. (2004). Instructing comprehension-fostering activities in interactive learning situations. En Ruddell y Unrau (Eds.), *Theoretical models and processes of reading* (págs. 780-809). Newark: International Reading Association.

Chi, M. T. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. En R. N. Giere y H. Feigl (Eds.), *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science* (págs. 129-186). Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.

Chi, M. T., De Leeuw, N., Chiu, M. H. y La Vancher, C. (1994a). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science*, 18, 439-477.

Chi, M. T., Slotta, J. D. y de Leeuw, N. (1994b). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.

Chi, M. T. (2005). Commonsense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *Journal of the Learning Sciences*, 14, 161-199.

- Chi, M. T. (2008). Three types of conceptual change. Belief revision, mental model transformation and categorical shift. En Vosniadu (Ed.), *Handbook of research on conceptual change*. (págs. 61-82). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chi, M. T., Roscoe, R., Slotta, J., Roy, M. y Chase, M. (2012). Misconceived causal explanations for "emergent" processes. *Cognitive Science*, 36, 1-61.
- Chi, M. T. (2013). Two kind and four sub-types of misconceived knowledge ways to change it, and learning outcomes. En S. Vosniadou, *International handbook of research on Conceptual Change* (págs. 49-70). Londres: Routledge Handbooks.
- Holschuh, J. P. y Aultman, L. P. (2009). Comprehension development. En R. F. Flippo y D. C. Caverly (Eds.), *Handbook of college reading and study strategy research* (págs. 121-144). New York: Routledge.
- Jetton, T. L. y Lee, R. (2012). Learning from text: Adolescent literacy in the past decade. En T. L. Jetton y C. Shanahan (Eds.), *Adolescent Literacy in the Academic Disciplines. General Principles and Practical Strategies* (pp. 1-23). New York: The Guilford Press.
- Keil, F. (1979). *Semantic and conceptual development. An ontological perspective*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Ledesma, L. y Pocoví, M. C. (2013) Ontología del concepto de aceleración: su comprensión mediante el aprendizaje a partir de textos. *Latin American Journal of Physics Education*. 7(1), 68-78.
- Medin, D. L., y Rips, L. J. (2005). Concepts and categories: Memory, meaning, and metaphysics. En K. Holyoak, y B. Morrison (Eds.), *The Cambridge handbook of thinking and reasoning* (pp. 37-72). Cambridge: Cambridge University Press.
- Marradi, A., Archenti, N. y Piovani, J. I. (2012). *Metodología de las ciencias sociales*. Buenos Aires: Cengage Learning.
- Nist, S. y Simpson, M. (2000). College studying. En M. Kamil, P. Mosenthal, P. D. Pearson y R. Barr (Eds.), *Handbook of reading research*. (Vol. III, págs. 645-666). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Ass.
- Pocoví, M. C. (2016). Cambio conceptual ontológico: el uso de textos como herramienta para lograrlo. *Revista de Enseñanza de la Física*, 28(2), 27-37.
- Pocoví, M. C., Alurralde, E. M. y Hoyos, E. (2017, aceptado, en prensa). Comprensión a partir de textos: el caso del concepto de fuerza. *Revista de Enseñanza de la Física*, 29, 35-46.
- Redish, E. (2005). Problem solving and the use of math in physics courses. World view on physics education in 2005: *Focusing on Change*. Delhi, India.
- Reiner, M., Slotta, J. D., Chi, M. T. y Resnick, L. B. (2000). Naive physics reasoning: A commitment to substance-based conceptions. *Cognition and Instruction*, 18, 1-34.
- Slotta, J. D., Chi, M. T., y Joram, E. (1995). Assessing student misclassifications of physics concepts: An ontological basis for conceptual change. *Cognition and Instruction*, 13, 373-400.
- Slotta, J. D. y Chi, M. T. (2006). Helping students understand challenging topics in science through ontology training. *Cognition and Instruction*, 24, 261-289.
- Sommers, F. (1963). Types and ontology. *Philosophical Review*, 72(3), 327-363.
- Taylor, S. J., Bogdan, R. y DeVault, M. (2015). *Introduction to qualitative research methods*. New Jersey: John Wiley & Sons.