

**DIFERENÇAS NA PRÁTICA DOCENTE DE DOIS
PROFESSORES – NOVOS E ESPECIALISTAS – AO
PROMOVER A CONSCIÊNCIA: uma análise sociocultural
por meio do uso de recursos**

**DIFERENCIAS DE LA PRÁCTICA DOCENTE DE
DOS PROFESORES – NOVATO Y EXPERTO – AL
PROMOVER LA TOMA DE CONSCIENCIA: un análisis
socio-cultural a través del uso de recursos**

Ulises Salinas-Hernández¹

Isaias Miranda²

Luis Moreno-Armella³

RESUMO

Este artigo apresenta alguns resultados de uma investigação mais ampla que analisa a prática de dois professores – novos e especialistas – da rede de teorias. Dessa forma, um quadro conceitual é projetado que aborda os componentes epistemológicos e didáticos da prática do professor. Assim, são incorporadas noções tanto da teoria da objetivação (TO) quanto da Abordagem Documentária da didática (ADD). Os dados apresentados e analisados correspondem às transcrições das gravações em vídeo de dois professores de Física do 11º ano (novato e expert), em situações de ensino originais. A discussão dos resultados visa determinar como a prática de cada professor difere do uso de recursos (físicos e conceituais) e meios semióticos de objetivação, com o objetivo de promover a conscientização do significado dos conceitos. Os resultados revelam diferenças significativas em ambos os professores na maneira como eles usam recursos e em como os significados são produzidos na sala de aula.

Palavras-chave: *Uso de recursos; gestos; artefatos.*

1. Profesor de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades – UNAM. E-mail: uli-sessh@cch.unam.mx.

2. Investigador titular del Instituto Politécnico Nacional, CICATA-Legaria. E-mail: imirandav@ipn.mx.

3. Investigador titular del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados – IPN E-mail: lmorenoarmella@gmail.com.

ABSTRACT

Este artículo presenta algunos resultados de una investigación más amplia que analiza la práctica de dos profesores –novato y experto– desde la red de teorías. De manera que se diseña un marco conceptual que atiende las componentes epistemológica y didáctica de la práctica del profesor. Así, se incorporan nociones tanto de la teoría de la objetivación (TO) como de la Aproximación documental de lo didáctico (ADD). Los datos aquí presentados y analizados, corresponden a transcripciones de videograbaciones de dos profesores de física de grado 11 (novato y experto), en situaciones originales de enseñanza. La discusión de los resultados está dirigida en determinar de qué manera se diferencia la práctica de cada profesor respecto del uso de recursos (físicos y conceptuales) y de los medios semióticos de objetivación, con el objetivo de promover la toma de consciencia del significado de conceptos. Los resultados revelan diferencias significativas en ambos profesores en la manera en que usan los recursos y en cómo se producen los significados en el salón de clases.

Palabras clave: *Uso de recursos; gestos; artefactos.*

Introducción

La motivación principal de este trabajo es analizar el papel del profesor dentro de las prácticas escolares desde una perspectiva que resalta el papel de la cultura y los artefactos en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas. De manera que el estudio se sitúa en contraposición tanto de aquellas aproximaciones individualistas que colocan al estudiante en el centro del proceso de la producción del conocimiento; como del paradigma constructivista en el cuál el estudiante solamente aprende lo que ha sido construido por él mismo y en donde el profesor es relegado a un rol auxiliar.

Una de las teorías basadas en la perspectiva constructivista, que se enfoca en el analizar el aprendizaje, es la del cambio conceptual (APPLETON, 1997). El aprendizaje en tal perspectiva, ocurre cuando se cambian creencias y conocimientos previos por otros nuevos [científicos] para ser aprendidos (ROLKA; RÖSKEN; LILJEDAHL, 2007). Sin embargo, el cambio no es sencillo y se suelen presentar resistencias que dificultan el aprendizaje de las ideas correctas (BAYRAKTAR, 2009); de manera que el papel del profesor, es el encontrar estrategias

didácticas de enseñanza que promuevan dicho cambio en los estudiantes. Evidentemente es importante que el profesor identifique las ideas falsas de los estudiantes, a pesar de que no se identifique la razón o importancia del cambio (GOMEZ-ZWIEP, 2008).

Es importante señalar que el presente trabajo se basa en el contenido de un reporte de investigación presentado en la *41st Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (PME 41), el cual fue publicado en las actas de dicho congreso (KAUR; HO; TOH; CHOY, 2017). Los cambios realizados en este trabajo van dirigidos en resaltar el uso de los recursos por parte de los dos profesores.

Antecedentes y problema de investigación

Entre las investigaciones sobre la práctica del profesor, que se volvieron el principal foco de interés en el ámbito de la educación matemática desde el primer lustro del presente siglo (SFARD, 2005), están las investigaciones que contrastan la práctica docente de profesores expertos y novatos (e.g., ROBINSON; EVEN; TIROSH, 1994). En relación a las aproximaciones teóricas, el trabajo de Vygotsky –y su noción de mediación semiótica– permeó y evolucionó en diferentes líneas de investigación respecto de las prácticas del profesor, principalmente a partir de la década de los 90 (PONTE; CHAPMAN, 2006). Dos características importantes en tal noción son las relativas a la cuestión del significado por un lado y a la influencia de la cultura en la producción de dichos significados, por otro lado. Así, Moreno-Armella y Sriraman (2010) destacan que es a través de los mediadores (como el lenguaje) que se tiene acceso a los objetos [matemáticos], es decir, la relación objeto-sujeto no se da de manera directa. Tal relación epistemológica se contrapone a la considerada, desde Descartes y Kant, en varias aproximaciones como una relación directa, sin intermediarios (RADFORD, 2000). Por lo tanto, es a través de los mediadores culturales (artefactos y signos) y su desarrollo histórico que es posible desarrollar nuestro conocimiento y nuestra conducta. Considerar el papel de la cultura en el desarrollo de los sistemas de ideas científicos es traer a primer plano la relevancia del proceso histórico por el que han pasado tales sistemas. En particular, Karam (2015) señala que la fructífera y estrecha relación entre física y matemáticas emerge de un proceso histórico; sin embargo, en contextos

educativos la imagen es diferente. A los estudiantes “les cuesta entender de dónde vienen los conceptos matemáticos y por qué la física tiene poco que ver con su experiencia del mundo” (KARAM, 2015, p. 487; traducción libre).

Así, se retoma el interés, por un lado, sobre la práctica de profesores expertos y novatos y, por el otro lado, en la influencia que tiene la cultura y el desarrollo histórico del uso de artefactos en las prácticas humanas; en particular en el uso de recursos en las prácticas de enseñanza-aprendizaje. Así, se recurre: (1) a la aproximación documental de lo didáctico (GUEUDET; TROUCHE, 2009; 2012) para atender la componente didáctica de la práctica del profesor y (2) a la teoría de la objetivación –TO– (RADFORD, 2008; 2014a) como un marco teórico que provee de una epistemología sobre las características del conocimiento –como toma de consciencia–. La combinación de ambas aproximaciones teóricas nos permite identificar el rol del profesor durante los procesos de producción de significados. De manera que se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿De qué manera cada profesor promueve la toma de consciencia de conceptos físicos al impartir su clase, a través del uso de recursos y de los medios semióticos de objetivación?

Marco conceptual

El análisis de datos se lleva a cabo a través de la red de teorías (*Networking of theories*). Kidron y Bikner-Ahsbahs (2015) señalan que dicho concepto [*networking of theories*] es “esencialmente una aproximación metodológica para investigaciones teóricas y empíricas que conectan diferentes teorías para ampliar y profundizar en la comprensión de problemas.” (p. 221; traducción libre). Así, la presente investigación se apoya, por un lado, en la Aproximación documental de lo didáctico (ADD) (GUEUDET; TROUCHE, 2009; 2012); y, por el otro lado, en la Teoría de la objetivación (TO) (RADFORD, 2008; 2014a).

En la ADD (GUEUDET; TROUCHE, 2009; 2012) los *recursos* no se conciben como aquellos que provienen solamente de objetos materiales, sino también a todos aquellos que intervienen en la comprensión y resolución de problemas. Se hace la diferencia entre *recursos* y *documentos*. Los *documentos* son desarrollados a través de

lo que se denomina *génesis documental*. En la *génesis documental*, los documentos son creados y desarrollados, en el tiempo, a partir de un proceso en el cual los profesores construyen esquemas de utilización de los recursos para situaciones dentro de una variedad de contextos, proceso que se ejemplifica por la ecuación: documento = recursos + esquemas de utilización (GUEUDET; TROUCHE, 2009, p. 205). Los mismos autores señalan que al estudiar el desarrollo de la *génesis documental* de los profesores se obtienen evidencias de la manera en que ellos articulan los diferentes *documentos*. Así, para dar cuenta de la variedad y del diseño de *documentos* y la manera en que los profesores los articulan en una variedad de situaciones, los documentos se estructuran en un *sistema de documentación*. En donde el *sistema de recursos* del profesor constituye la parte del “recurso” del *sistema de documentación* – sin considerar la parte del esquema del documento – (GUEUDET; TROUCHE, 2012). Así, en la investigación se incorpora el enfoque sobre el *uso de recursos* a través de la *génesis documental* (GUEUDET; TROUCHE, 2009) para analizar la práctica de los dos profesores. Consideramos que el *uso de recursos* es relevante para que cada profesor, de manera intencional, hiciera uso de artefactos y signos para promover la toma de consciencia en los estudiantes.

La TO (RADFORD, 2008; 2014a) incorpora la noción de mediación semiótica de Vygotsky y la importancia del uso de artefactos y signos en los procesos de producción del conocimiento. En la TO, la mediación del conocimiento ocurre a través de la labor social; los artefactos y los signos forman parte de ella (RADFORD, 2014b). De manera que es el concepto de labor, el principio fundamental de la TO (RADFORD, 2014a). A diferencia de las aproximaciones que consideran al conocimiento como algo que los individuos poseen, adquieren o construyen, en la TO el conocimiento – producido colectivamente por estudiantes y maestros – es: “una dinámica y evolutiva – implícita o explícitamente – forma culturalmente codificada de hacer, pensar y de relacionarse con otro y con el mundo.” (RADFORD, 2014b, p. 7; traducción libre); es decir, es pura posibilidad. Posibilidad de formas de hacer y de pensar. Y “[L]os objetos del conocimiento [objetos matemáticos] (...). Son entidades sociales-históricas-culturales” (RADFORD, 2015, p. 134). Por lo tanto, el aprendizaje se lleva a cabo a través de la toma de consciencia de esas formas de pensar y de hacer determinadas en los sistemas de ideas científicos. De manera que, en el enfoque de la TO, el aprendizaje se

define como un problema de toma de consciencia. La consciencia se considera algo concreto; es una reflexión subjetiva del mundo y capaz de ser percibida a través de sus manifestaciones: el discurso, los gestos y las demás acciones sensuales (RADFORD; ROTH, 2011). Para que se logre la toma de consciencia, el conocimiento debe adquirir formas concretas (singulares) a través de actividades específicas.

Metodología

La investigación que se presenta es cualitativa y se llevó a cabo a través de un estudio de caso. El estudio se llevó a cabo en una escuela secundaria (grado 11), con dos profesores de física: experto, quién al momento de la toma de datos tenía más de 20 años de antigüedad docente; y novato, con 2 años de antigüedad docente al momento de la toma de datos. Para determinar el perfil de cada profesor, se les ubicó en una de las cinco etapas que menciona Berliner (2004) para dar cuenta del desarrollo profesional de los profesores.

El instrumento para la recolección de datos fue la observación no participativa de las clases de Física I de cada maestro donde se abordaron los temas de mecánica. Cada clase duró dos horas, dos veces por semana; y una hora, una vez por semana. El tiempo de observación fue diferente con cada profesor ya que el objetivo fue obtener datos del tema de dinámica, donde se incluyen los conceptos de fuerza, movimiento e interpretación de gráficas cartesianas de movimiento. Se observó al profesor experto durante 10 sesiones (16 horas); y al profesor novato durante 12 sesiones (20 horas). La recopilación de datos se llevó a cabo simultáneamente con ambos profesores en diferentes horarios. Se utilizaron dos cámaras de video controladas por uno de los investigadores; una cámara se mantuvo fija y enfocada al pizarrón. La segunda cámara se movía para registrar las interacciones entre profesores y estudiantes. También se utilizó una grabadora de voz colocada en los profesores para tener otro elemento de audio de las clases. Después de recopilar los datos, se observaron los videos de las clases para identificar los momentos en los que se abordaron (a criterio de los investigadores) conceptos claves. Una vez que se identificaron los momentos se seleccionaron extractos de las clases, los cuales se transcribieron. Nuestro análisis se basa en esas transcripciones.

De acuerdo a los objetivos de la investigación, se toma en cuenta lo que Prediger, Bikner-Ahsbals, y Arzarello (2008) denominan como: *estrategias de red (networking strategies)*. Que son los métodos y técnicas [heurísticas] que buscan llevar a cabo el proceso de conexión de teorías de acuerdo a los objetivos de investigación. Así, de acuerdo a los diferentes grados de integración de teorías, que plantean los autores, y que van desde el ignorar a otras teorías hasta unificar globalmente las teorías, en esta investigación se sigue la estrategia: combinando.

Análisis y discusión de resultados

Con la finalidad de llevar a cabo el análisis de datos de la práctica de cada profesor, al momento de promover conceptos científicos relacionados con el movimiento de objetos, se definieron dos categorías de análisis: (1) artefactos y signos culturales como elementos de la actividad durante la práctica docente y (2) uso de recursos. Asimismo para el análisis de datos nombramos “Carlos” al profesor novato; y “Pedro” al profesor experto.

i) Análisis de la práctica de Carlos

De las videgrabaciones de la práctica de Carlos, –respecto de la *gênsis documental*– se infiere que se encuentra en una etapa en donde su *trabajo documental* está enfocado en seleccionar y reunir ejercicios de libros para implementar en sus clases por primera o segunda vez. De manera que estos recursos materiales (ejercicios y actividades que pone a sus alumnos a resolver), con su respectiva selección, constituyen el principal recurso de Carlos. Esto conlleva a que las clases están diseñadas de manera que los estudiantes solamente resuelven, en equipos, los ejercicios que Carlos les da a resolver. Se observó, además, que prácticamente no hay discusión entre los equipos al resolver los ejercicios. Esto es, se resuelven de manera individual. La discusión grupal sobre los ejercicios se centra en corroborar si todos los estudiantes tuvieron el mismo resultado. No hubo discusión sobre el significado conceptual dentro de los ejercicios. Así, durante la resolución y comprobación de resultados de uno de los ejercicios de cinemática surgió una duda respecto al significado del signo de una cantidad vectorial. Presentamos el análisis de extractos de la transcripción de un momento en clase en el que un estudiante (E1) tiene duda sobre el signo de una cantidad vectorial [el

de la aceleración de la gravedad, g] en un problema de caída libre, en el que se pide encontrar la velocidad final de un objeto. Es entonces que se presenta las siguiente explicación de Carlos.

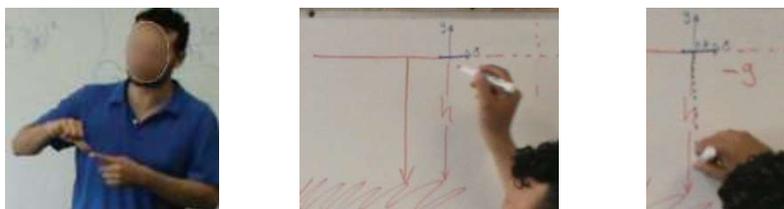
L1 E1: Profesor, ¿la gravedad es negativa? (...)

L2 Carlos: La gravedad, la gravedad siempre, siempre va a ser negativa; ¿ok?...les había comentado que la aceleración era un vector, ¿ok? Entonces por ejemplo si ustedes quieren hablar, eh, ahora sí que de manera vectorial, la gravedad la tienen que poner siempre con su negativo. Porque siempre va a apuntar hacia abajo [*hace un gesto; véase Figura 1-Foto 1*], ¿ok? Pero en este caso, si la ponen así, de manera escalar (...) solamente estamos viendo la magnitud de la gravedad. Que serían 9.8.

El ejercicio sobre caída libre propuesto por Carlos obliga al uso de un sistema de referencia para su solución. Sin embargo, previo a que los estudiantes comenzaran a resolver los diferentes ejercicios, en ningún momento de su discurso, él hace referencia a este concepto. Carlos establece el signo de g a partir del tipo de movimiento y no como un objeto matemático que permite el análisis de un fenómeno. El gesto que hace reafirma este planteamiento al dirigir su dedo apuntando hacia abajo (Foto 1). El significado que establece al gesto es tal que, para Carlos, g siempre será negativa porque: “siempre va a apuntar hacia abajo” (L2) debido a la característica del fenómeno. Los gestos se manifiestan como medios semióticos al ser incorporados en el discurso de Carlos con la intención de transmitir un significado. No aparecen solamente como un elemento de ayuda en el discurso; sino que se incorporan con la intención de propiciar la toma de consciencia entorno al signo de g ; de manera que el lenguaje y los gestos exponen la forma en que Carlos hace sensible la existencia del significado de g . Sin embargo, la explicación de Carlos resulta ambigua para el estudiante. Por un lado, es enfático al decir que g siempre será negativa; y por el otro lado, hace referencia que se podría trabajar con el signo positivo, 9.8. Más adelante, debido a que continuaba la duda en los estudiantes, Carlos vuelve a intervenir:

L3 Carlos: Les digo que “ g ” siempre va a ser negativa, ¿ok? Ahora, van a tomar un punto de referencia... Si toman un punto de referencia aquí [*Figura 1-Foto 2*]. Aquí sería y_e , equis; ¿ok? ... Ahorita solamente estamos actuando sobre y_e , entonces en equis siempre va a valer cero. Entonces, si esto [*la piedra*] va cayendo para acá [*simula la caída del objeto respecto del diagrama; véase Figura 1-Foto 3*], por eso sale el valor del negativo en y_e . Porque la y_e hacia abajo es negativa.

Figura 1. De izquierda a derecha, fotos de los gestos usados por el profesor para representar: el signo de la gravedad (Foto 1), el origen del sistema de referencia (Foto 2), el movimiento del objeto con respecto del sistema de referencia (Foto 3).



El signo de g , para Carlos, estaba determinado por la naturaleza del fenómeno abordado. Pero el significado del signo negativo [o positivo] seguía sin hacerlo evidente ante los estudiantes. Por lo tanto, Carlos se ve en la necesidad de incorporar el concepto de sistema de referencia (L3). Sin embargo, se observa que el sistema de referencia está subordinado al fenómeno físico de caída libre. No como un objeto matemático para analizar el movimiento de objetos y sobre el que los estudiantes deben de tomar consciencia. La manera de trabajar con el concepto del sistema de referencia por parte de Carlos hace que los estudiantes no puedan tomar consciencia del significado de la relatividad del signo de g . Así, Carlos manifiesta la subordinación del sistema de referencia al movimiento al decir: “Entonces, si esto [*la piedra*] va cayendo para acá, por eso sale el valor del negativo en y . Porque la y hacia abajo es negativa”. La toma de consciencia entorno al significado del signo de g , no logra ser promovida por parte de Carlos. A partir de la manera en que Carlos busca dar respuesta a la duda de E1 (L1) se infiere que no ha incorporado a su *sistema de recursos* el uso del sistema de referencia como concepto. Y que le permitiría dar cuenta de la relatividad del signo de g .

ii) Análisis de la práctica de Pedro

Mientras tanto, la práctica de Pedro se desarrolló de una manera diferente; tanto en el uso del lenguaje y gestos, como en el *uso de recursos* para promover una toma de consciencia en los estudiantes. Incluso, Pedro centró el contenido de sus clases en temas de dinámica. Así, presentamos extractos de discusiones que se desarrollan al abordar el tema del momento lineal en el contexto de colisiones entre dos objetos.

L4 Pedro: Acuérdense que la velocidad tiene signo, ¿verdad? ¿De qué depende el signo de la velocidad? De hacia a dónde se mueve en relación con tu marco de referencia. (...) Entonces se tienen que fijar en varias cosas. En cuál es el sistema, pero también qué signos van a asociar a partir del marco de referencia que ustedes estén dando.

El momento lineal, una magnitud vectorial, se define: $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$, en donde \mathbf{v} es la velocidad a la que hace referencia (L4). Pedro es consciente de la relación entre el signo de \mathbf{v} y el marco de referencia; es claro al señalar que el signo depende: “De hacia a dónde se mueve en relación con tu marco de referencia” (L4). Así, fija las condiciones para un posterior análisis del movimiento, en el cual se debe tener en cuenta la relatividad del signo de las variables \mathbf{v} y \mathbf{p} . El signo, no estará determinado por la dirección del movimiento de los objetos; ya que el sistema de referencia no es estático; es decir, no depende de la naturaleza del fenómeno ni está restringido a las orientaciones usuales del sistema de ejes coordenados (ver lo dicho por Carlos L3). Como señala Radford (2014b), respecto al conocimiento como pura posibilidad; la producción de los significados referentes al sistema de referencia y la interpretación del movimiento necesitan ser puestos en movimiento a través de la Actividad. Así, Pedro incorpora a la Actividad—del análisis de colisiones— otro registro semiótico, una gráfica cartesiana; sobre la que se discute en la siguiente clase.

L5 Pedro: Bueno van a tener una gráfica así [véase Figura 2-Foto 1]. Aquí, ¿qué están graficando? Tiempo contra posición. Y entonces este punto [véase Figura 2-Foto 1] es el choque. ¿Por qué? ¿Por qué digo que ese punto es el choque?

L6 S2: Porque cambia la velocidad.

L7 Pedro: Porque cambia la velocidad. ¿Cómo sabes la velocidad de esta gráfica? [señala la gráfica del pizarrón] Con la pendiente.

Al referirse a la gráfica, Pedro incorpora otro elemento en el proceso de la toma de consciencia, un signo que a su vez es portador de significados. Pedro hace ver estos significados: “Y entonces este punto es el choque.” (L5). Sin embargo, Pedro es consciente que para que los estudiantes logren tomar consciencia sobre el significado de ese punto en la gráfica es necesario que se haga sensible para ellos. Así, en la clase siguiente, Pedro lleva el análisis a una mayor profundidad al incorporar

el uso de un software para el análisis de un video grabado por los alumnos y en el que se observa cómo colisionan dos balines.

L8 Pedro: A ver, ¿dónde chocan? [*una estudiante reproduce el video*] ¡Detenlo! [*en el momento que el profesor ve en el video que se va a producir la colisión; ver Figura 2-Foto2*] Vete para atrás [*pide que se regrese el video un poco*], ¡ahí! A ver si ven que corresponde el cambio de momentum en la gráfica con este momento [*dirige su atención a la gráfica; ver Figura 2-Foto3*]. ¿Se ve? Entonces justo ese es el choque [*refiriéndose al punto en la gráfica al que había hecho referencia la clase pasada; Figura 2-Foto1*].

Figura 2. De izquierda a derecho, fotos de: la gráfica que representa el fenómeno de colisiones (Foto1), análisis en el software de un video tomado por estudiantes del fenómeno de colisiones (Foto2), gráfica obtenida a través del software (Foto3).



Para Pedro no es suficiente que los estudiantes traten de darle significado a una gráfica elaborada por él (L5). Es así, que incorpora el uso de un recurso (software). Podemos afirmar que Pedro usa el software como recurso, por un lado a que representa un artefacto que influye en la producción del conocimiento por parte de los estudiantes al tratar de dar significado al análisis del movimiento durante su *uso*; y por otro lado, debido a la intencionalidad y programación de cuándo incorporarlo. Con el software, los estudiantes logran observar el fenómeno (Figura 2-Foto2) y darle significado al cambio de pendiente en la gráfica (Figura 2-Foto3) que representa el cambio de velocidad y por lo tanto el momento de la colisión; como lo hizo notar Pedro (L5). Es así que Pedro propicia la toma de consciencia relativa al cambio de velocidad cuando colisionan dos objetos.

Conclusiones y observaciones finales

En este artículo, se analizó la manera en que un profesor novato y un profesor experto promueven la toma de consciencia en sus estudiantes referente al análisis del movimiento de objetos. El análisis revela la importancia del uso de artefactos y signos, así como el uso de recursos en la práctica docente; con la finalidad de promover la toma de consciencia en los estudiantes en torno al significado de conceptos. Debido a la naturaleza cultural-histórica del conocimiento. Se observaron diferencias en la práctica de ambos profesores. Ambos abordaron diferentes contenidos: mientras que Carlos se enfocó en ejercicios de cinemática; Pedro abordó fenómenos de dinámica en la cual el concepto de fuerza (no discutido en este trabajo) es esencial. Piaget (1979) señala que a la Antigüedad, para construir una cinemática y una mecánica racional, le hizo falta un análisis suficiente de la idea de fuerza; que es el núcleo de la dinámica newtoniana. Se observó también que Pedro estuvo desarrollando la Actividad durante varias sesiones. En las cuales retomaba conceptos discutidos anteriormente, lo que da cuenta de una continuidad para promover la toma de consciencia y más dirigida a la toma de consciencia sobre los significados de los conceptos. Mientras que Carlos se centraba en una cuestión más numérica sobre la resolución de los ejercicios y que se discutían en una sola clase. Finalmente, se destaca el uso del software [artefacto] por parte de Pedro. Radford (2014c) señala que los artefactos digitales son objetos complejos que traen los significados históricos; son más que algo que provee un lugar para la experimentación. Estos artefactos afectan los significados de los estudiantes de una manera profunda y distintiva al sugerir formas definidas de acción y reflexión; así como también afectan las líneas potenciales de desarrollo social y cognitivo.

Recibido em: 03/10/2018

Aprovado em: 30/11/2018

Referências

APPLETON, K. Analysis and Description of Students' Learning during Science Classes Using a Constructivist-Based Model. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 34 n. 3, 1997, p. 303-318.

- BAYRAKTAR, S. Misconceptions of Turkish pre-service teachers about force and motion. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 7 n. 2, 2009, p. 273-291.
- BERLINER, D. C. Describing the Behavior and Documenting the Accomplishments of Expert Teachers. **Bulletin of Science, Technology & Society**, v. 24 n. 3, 2004, p. 200-212.
- GUEUDET, G.; TROUCHE, L. Towards new documentation system for mathematics Teachers? **Educational Studies in Mathematics**, v. 71, 2009, p. 199-218.
- GUEUDET, G.; TROUCHE, L. Teachers' work with resources: Documentational geneses and professional geneses. In: GUEUDET, G.; PEPIN, B.; TROUCHE, L. **From text to 'lived' resources: Mathematics curriculum materials and teacher development**. New York: Springer, 2012, p. 189-213.
- GOMEZ-ZWIEP, S. Elementary Teachers' Understanding of Students' Science Misconceptions: Implications for Practice and Teacher Education. **Journal of Science Teacher Education**, v. 19 n. 5, 2008, p. 437-454.
- KARAM, R. Introduction of the Thematic Issue on the Interplay of Physics and Mathematics. **Science and Education**, v. 24, 2015, p. 487-494.
- KAUR, B.; HO, W.K.; TOH, T.L.; CHOY, B.H. (Eds.). **Proceedings of the 41st Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education** (Vol. 4). Singapore: PME. 2017.
- KIDRON, I.; BIKNER-AHSBAHS, A. Advancing Research by Means of the Networking of Theories. **Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education**. Springer Netherlands, 2015, p. 221-232.
- MORENO-ARMELLA, L; SRIRAMAN, B. Symbols and Mediation in Mathematics. In: SRIRAMAN, B.; ENGLISH, L. English. **Theories of Mathematics Education: Seeking New Frontiers**. Springer, 2010, p. 211-232.
- PIAGET, J. **Introducción a la epistemología genética: el pensamiento físico**. Buenos Aires: PAIDOS, 1979.
- PONTE, J. P.; CHAMPAN, O. Mathematics teachers knowledge and practices. In: GUTIERREZ, A.; BOERO, P. **Handbook of research on the psychology of mathematics education: Past, present and future**. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishing, 2006, p. 461-494.
- PREDIGER, S.; BIKNER-AHSBAHS, A.; ARZARELLO, F. Networking strategies and methods for connecting theoretical approaches: first steps towards a conceptual framework. **ZDM**, v. 40, n. 2, 2008, p. 165-178.
- RADFORD, L. Sujeto, objeto, cultura y la formación del conocimiento. **Educación Matemática**, v. 12 n. 1, 2000, p. 51-69.

- RADFORD, L. The ethics of being and knowing: Towards a cultural theory of learning. In: RADFORD, L.; SCHUBRING, G.; SEEGER, F. Seeger. **Semiotics in mathematics education: epistemology, history, classroom, and culture**. Rotterdam: Sense Publishers, 2008, p. 215-234.
- RADFORD, L. De la teoría de la objetivación [On the theory of objectification]. **Revista Latinoamericana de Etnomatemática**, v. 7, n. 2, 2014a, p. 132-150.
- RADFORD, L. On teachers and students: An ethical cultural-historical perspective. In: LILJEDAHN, P.; NICOL, C.; OESTERLE, S.; ALLAN, D. **Proceedings of the Joint Meeting of PME 38 and PME-NA 36 (Plenary Conference) Vol. 1**. Vancouver: PME, 2014b, p. 1-20.
- RADFORD, L. On the role of representations and artefacts in knowing and learning. **Educational Studies in Mathematics**, v. 85 n. 3, 2014c, p. 405-422.
- RADFORD, L. The epistemological foundations of the theory of objectification. **Isonomia**, 2015, p. 127-149.
- RADFORD, L.; ROTH, W. M. Intercorporeality and ethical commitment: An activity perspective on classroom interaction. **Educational Studies in Mathematics**, v. 77 n. 2-3, 2011, p. 227-245.
- ROBINSON, N.; EVEN, R.; TIROSH, D. How teachers deal with their students' conceptions of algebraic expressions as incomplete. In: PONTE, J. P.; MATOS, J. F. **Proc. 18th of the Int. Group for Psychology of Mathematics Education Vol. 4**. Lisbon: PME, 1994, p. 129-136.
- ROLKA, K.; RÖSKEN, B.; LILJEDAHN, P. The role of cognitive conflict in belief changes. In: WOO, J. H.; LEW, H. C.; PARK, K. S.; SEO, D. Y. **Proc. 31st Conf. of the Int. Group for the Psychology of Mathematics Education Vol. 4**. Seoul: PME, 2007, p. 121-128.
- SFARD, A. What could be more practical than good research?: On mutual relations between research and practice of mathematics education. **Educational Studies in Mathematics**, v. 58, 2005, p. 393-413.