

## La teoría de la objetivación en el análisis de los modos de enseñanza: el caso de un profesor novato

Ulises Salinas-Hernández & Isaias Miranda

ulisessh@ciencias.unam.mx; imirandav@ipn.mx

Universidad Nacional Autónoma de México, México/IFÉ-ENS de Lyon, Francia; Instituto Politécnico Nacional, CICATA-Legaria, México.

### Resumen

Con base en los principales conceptos de la Teoría de la Objetivación, en este artículo analizamos los modos de enseñanza de un profesor novato al momento de tratar de aclarar qué significa el signo negativo de una cantidad vectorial: la aceleración de la gravedad. Por modos de enseñanza se entiende aquellos procedimientos utilizados por un profesor durante sus acciones de enseñanza. Los elementos considerados para el análisis son los medios semióticos de objetivación (en específico, el lenguaje verbal y gestual) utilizados por el profesor durante la exposición de un problema de movimiento. Nuestro análisis muestra que la manera en que el profesor usa los medios semióticos dificulta la comprensión de los estudiantes sobre el significado del signo de la aceleración de la gravedad. Concluimos que esta dificultad se debió a la falta de coordinación entre los gestos utilizados por el profesor y su lenguaje.

*Palabras clave:* Profesor novato, teoría de la objetivación, modos de enseñanza, medios semióticos de objetivación.

## The Theory of Objectification in the analysis of teaching modes: the case of a novice professor

### Abstract

Drawing on the main concepts of the Theory of Objectification, in this article we analyze a novice teacher's modes of teaching when trying to clarify what the negative sign of a vector quantity means: the acceleration of gravity. By modes of teaching we mean those procedures used by a teacher during his or her teaching actions. The concepts used in the analysis are the semiotic means of objectification (in particular, verbal and gestural language) used by the teacher during the exposure of a movement problem. Our analysis shows that the way the teacher uses the semiotic means difficult students' understanding of the meaning of the sign of the acceleration of gravity. We claim that this difficulty was due to the lack of coordination between the gestures used by the teacher and his language.

*Keywords:* Novice teacher, theory of objectification, modes of teaching, semiotic means of objectification.

## A Teoria da Objectivação na análise dos modos de ensino: o caso de um professor novato

### Resumo

Baseado nos principais conceitos da Teoria da Objectivação, neste artigo analisamos os modos de ensino de um professor principiante ao tentar clarificar o que significa o sinal negativo de uma quantidade vectorial: a aceleração da gravidade. Por modos de ensino entendemos os procedimentos utilizados por um professor durante as suas acções de ensino. Os elementos considerados para a análise são os meios semióticos de objectivação (especificamente, linguagem verbal e gestual) utilizados pelo professor durante a exposição de um problema de movimento. A nossa análise mostra que a forma como o professor utiliza os meios semióticos torna difícil para os alunos compreenderem o significado do sinal de aceleração da gravidade. Concluimos que esta dificuldade se deveu à falta de coordenação entre os gestos utilizados pelo professor e a sua língua.

*Palavras chave:* Professor principiante, teoria da objectivação, modos de ensino, meios semióticos de objectivação.

## 1 Introducción

El interés por estudiar al profesor de matemáticas ha incrementado, como lo señalan da Ponte y Chapman (2006), a partir de la penúltima década del siglo pasado. En su revisión de los reportes presentados en las conferencias internacionales de la comunidad de matemáticos educadores, da Ponte y Chapman consideran que *conocimiento del profesor* (teacher knowledge) y *práctica docente* (teacher practice) son dos constructos útiles para examinar la actividad del profesor. Durante el periodo de tres décadas revisado por estos investigadores, se observó que cada uno de estos constructos derivaron en investigaciones cuyos objetivos podían ser organizados en categorías. Así, mientras que el constructo *conocimiento del profesor* fue dividido en tres categorías: conocimiento matemático del profesor, conocimiento del profesor de la enseñanza de las matemáticas y conocimiento de las creencias y concepciones del profesor de matemáticas, el constructo *práctica docente* se denominó: práctica del profesor. da Ponte y Chapman organizaron cada una de estas cuatro categorías en términos de los temas principales abordados por los autores de los artículos revisados. Vale resaltar que la práctica del profesor fue la única categoría que tuvo temas relacionados con la utilización de marcos teóricos para explicar lo que hace el profesor dentro de sus clases. En específico, la revisión de da Ponte y Chapman deja entrever que una de las formas de estudiar la práctica del profesor en el salón de clases consiste en la aplicación de teorías desarrolladas por la psicología piagetiana y vigotskyana.

Esta forma de aproximarse al fenómeno de la enseñanza de las matemáticas a partir de teorías del aprendizaje fue, incluso, propuesta por el propio Piaget (1948) y el propio Vygotsky (1978). Por un lado, Piaget (1948), en concordancia con los principios de su teoría, sugirió que la práctica del profesor debía consistir en la generación de problemas que estimularan la iniciativa y la investigación en los estudiantes; por otro lado, Vygotsky (1978), acorde con los supuestos socioculturales de su teoría, señaló que el profesor debe promover el desarrollo conceptual de los estudiantes y no solo guiarlos en la construcción de conocimientos.

Los resultados de las psicologías piagetiana y vigotskiana han sido aplicados en las investigaciones sobre el profesor de matemáticas con relativo éxito.

Por ejemplo, en cuanto a los primeros, la Teoría de Situaciones Didácticas (Brousseau, 1997) ofrece interesantes recomendaciones sobre cómo el profesor, en su salón de clase, puede propiciar un ambiente en el que los estudiantes construyan conocimiento matemático a partir de resolver problemas de manera similar a la forma de resolver problemas por parte de matemáticos profesionales. En relación con los segundos, en la revisión de da Ponte y Chapman (2006), mencionada anteriormente, se hace notar que, en los años 90 del siglo pasado, el trabajo de Vygotsky adquirió relevancia y fue aplicado en diversas líneas de investigación respecto de las prácticas del profesor. Un ejemplo de esta observación es el trabajo de Mariotti (2009), quien, tomando la noción de mediación semiótica de Vygotsky (1978), lleva a cabo una investigación con el objetivo de observar el papel del profesor y el uso que este hace de artefactos para desarrollar en los estudiantes el aprendizaje de signos matemáticos. Mariotti menciona que el profesor, en su papel de mediador cultural, es responsable de introducir términos específicos y usar su criterio para reconocer lo que pueda ser referido a los conceptos matemáticos. Una de las razones por las que las teorías del aprendizaje son aplicadas al estudio de la enseñanza de las matemáticas se basa en el hecho de suponer que el profesor tiene un rol importante en la adquisición de nuevos conocimientos.

En esta misma línea de argumentación, en este artículo retomamos el interés de analizar la práctica docente a partir de un marco teórico que fue inicialmente desarrollado para comprender el proceso de aprendizaje de las matemáticas. Este marco es la Teoría de la Objetivación (TO), desarrollada por Radford (2003, 2006) a inicios de este siglo. El motivo principal de utilizar la TO fue el de observar que en ésta se ofrece un concepto útil, como el de medio semiótico de objetivación, para profundizar en el estudio de cómo el profesor promueve el aprendizaje. En específico, nuestro objetivo es analizar las características de los modos de enseñanza de un profesor novato de enseñanza media (nivel 11) al momento de abordar el signo de una cantidad vectorial en una clase de Física. En este artículo entendemos *modos de enseñanza* como los procedimientos utilizados por un profesor durante sus acciones de enseñanza. Así, ponemos especial atención en los medios semióticos de objetivación [artefactos, lenguaje, gestos y sig-



nos] que el profesor utiliza y promueve en su interacción con los estudiantes. En la siguiente sección expondremos el papel que juega el concepto de medios semióticos de objetivación en la TO y de qué manera éste es aplicado en el ámbito del estudio del discurso del profesor novato.

## 2 Los medios semióticos de objetivación en la enseñanza

Aun cuando en sus investigaciones iniciales al campo de la educación matemática la TO fue desarrollada para dar cuenta y razón de la forma como el significado del signo algebraico surgía en la conciencia del estudiante, en sus posteriores contribuciones esta teoría se enfocó en analizar, también, el rol que tenía el profesor de matemáticas en el aula de clase (ver Radford, 2006; Radford y Roth, 2011). Para analizar este rol, Radford y Roth (2011) introducen el concepto de acción conjunta para resaltar el hecho de que el proceso enseñanza-aprendizaje es más que una noción espacial donde ocurre la interacción entre el profesor y sus estudiantes. La acción conjunta representa el lugar en el que los estudiantes y el profesor piensan y actúan, todos juntos, en la búsqueda de un objetivo común: la emergencia del concepto matemático.

Radford y Roth (2011) proponen que la relación profesor-estudiante no sea caracterizada asimétricamente, tal y como pudiera inferirse de la definición de zona de desarrollo próximo propuesta por Vygotsky (1978). Según estos autores, en la zona de desarrollo próximo el estudiante no es el único que aprende, sino también el profesor. De esta manera, Radford y Roth (2011) aseguran que la interacción del profesor con el estudiante no sucede en una sola dirección (la que va del profesor al estudiante), sino en dos direcciones (la que va del profesor al estudiante y viceversa). La relación propuesta por Radford y Roth (2011) se basa en una forma de intersubjetividad en la que tanto profesor como estudiante comparten significados comunes y formas de vida similares; es precisamente esta similitud la que hace posible que tanto profesor como estudiante establezcan una relación simétrica en el momento de interactuar en el salón de clase. Según Radford y Roth (2011), es esta relación simétrica la que permite que la toma de conciencia tanto del profesor como del estudiante aparezca. Pero esta toma de conciencia no debe entenderse como un esfuerzo solitario. Conce-

bir una interacción simétrica permite que la conciencia del profesor busque la conciencia del estudiante y viceversa. De esta manera, el aprendizaje solo ocurre cuando el objeto de conocimiento aparece tanto a la conciencia del profesor como a la del estudiante.

Ahora bien, desde el punto de vista de la TO, esta toma de conciencia es mediada. Y esta mediación es explicada en la TO por el concepto de *medios semióticos de objetivación*. Para Radford (2003), estos medios son los:

objetos, herramientas, dispositivos lingüísticos y signos que los individuos usan intencionalmente en el proceso de creación de significado social para lograr una forma estable de conciencia, para hacer aparentes sus intenciones y llevar a cabo sus acciones para lograr el objetivo de sus actividades (Radford, 2003, p. 41, traducción libre).

En esta definición se subraya la idea de la conciencia como algo concreto; es una reflexión subjetiva del mundo. Así, desde la TO, cualquier consideración del aprendizaje debe comprender el campo de la conciencia. En éste se incluye el pensamiento de los estudiantes y sus orientaciones emocionales. De esta definición, se infiere que la conciencia del estudiante puede ser observada por medio de sus manifestaciones corporales: el discurso, lo que escribe o dibuja, los gestos, y demás acciones sensoriales. Para que el estudiante reconozca las formas de expresión de los objetos matemáticos, este pasa por un proceso (social y corpóreo) de toma de conciencia, que a su vez está mediado por el uso de artefactos [signos] (físicos y psicológicos) (Radford, 2008, 2014, 2018). Por tal motivo, los signos y los artefactos actúan como mediadores de la actividad de los estudiantes involucrados en la solución de un problema. En este sentido, los artefactos y signos son fundamentales en los procesos de reflexión.

Con base en esta aseveración, y tomando en cuenta la característica mediada de la conciencia, mencionada en la definición de medios semióticos de objetivación, la pregunta que se pretende responder en este artículo es la siguiente: ¿cómo los modos de enseñanza de un profesor novato de Física promueven o no la toma de conciencia de sus estudiantes sobre el significado del signo de una cantidad vectorial?

Nuestro objetivo es analizar el discurso de un profesor novato (dos años de experiencia como do-

cente) en el momento de resolver un problema de Física que involucra el signo de una cantidad vectorial: la aceleración de la gravedad. El uso de lenguaje y gestos del profesor fue primordial durante el proceso de producción de significados y toma de consciencia de los estudiantes. Así, ponemos especial atención en analizar cómo el profesor, en su interacción con sus estudiantes, promueve la toma de consciencia del signo de la gravedad al hacer uso de medios semióticos de objetivación [artefactos, lenguaje, gestos y signos].

### 3 Método

La investigación fue de carácter cualitativo a través del estudio de caso y pertenece a un proyecto más amplio en el que fueron filmadas, durante un mes, clases de un curso de Física de cuatro profesores del nivel medio superior (grado 11). Mientras que dos de esos cursos fueron impartidos por profesores que tenían más de 20 años de impartir clases en el momento de la toma de datos, los otros 2 profesores tenían menos de 2 años de experiencia. Esta condición de experiencia permitió caracterizar a los profesores como novatos y expertos (Salinas-Hernández, Miranda & Moreno-Armella, 2017). En este artículo reportamos los datos recabados en la clase de uno de los profesores novatos, en una institución pública de la Ciudad de México. El instrumento para la recopilación de datos fue la observación no participativa de las clases de Física I. En ellas, el profesor abordó temas de Mecánica, en específico de dinámica newtoniana, y en los que se incluyen conceptos de fuerza, movimiento e interpretación de gráficas cartesianas. Las clases semanales eran repartidas de la siguiente manera: dos sesiones de dos horas cada una; una sesión de una hora. El tiempo de observación fue de 12 sesiones (20 horas totales de grabación). Se utilizaron dos cámaras (ambas controladas por el mismo investigador): una cámara permaneció fija, dirigida al pizarrón; la otra se movía para tomar las interacciones durante las participaciones de los estudiantes. Además, se utilizó una grabadora de voz la cual se le colocó a los profesores para tener otro elemento de audio de las clases. Una vez que se recopilaron los datos, se observaron los videos de las clases para identificar momentos en los que se abordaran conceptos considerados relevantes. Una vez identificados los momentos (segmentos de clase-extractos), se realizó la transcripción de lo ocurrido. El

análisis de datos se hizo con base en estas transcripciones.

### 4 Análisis y discusión de resultados

A continuación, se presentan extractos que muestran el discurso del profesor novato de Física al intentar aclarar cuál es la finalidad de utilizar el signo (positivo o negativo) en una cantidad vectorial, al resolver el siguiente ejercicio sobre Cinemática: “Encontrar la velocidad final ( $V_f$ ) de un objeto que se deja caer desde un puente a una determinada altura ( $h$ ) desconocida y que le toma un tiempo de 5.3s en llegar al agua.” En total, el discurso del profesor dura alrededor de diez minutos. Para llevar a cabo el análisis, dividimos el discurso del profesor en cuatro extractos. Cada uno tiene la intención de mostrar medios semióticos de objetivación específicos que usa el profesor en su interacción con los estudiantes. En conjunto, los cuatro extractos ilustran, por una parte, el uso y la coordinación de varios medios semióticos de objetivación por parte del profesor; y, por otra parte, el desarrollo que tuvo la discusión del ejercicio y en qué grado fue promovida la toma de consciencia en los estudiantes sobre el significado de una cantidad vectorial ( $g$ ). Para identificar la participación de los estudiantes, los nombramos por: S1, S2, S3 y S4.

#### 4.1 Extracto 1 - ¿La gravedad es negativa?

El primer extracto comienza después de que un estudiante [quien no participa en el diálogo entre el profesor y los estudiantes] escribe en el pizarrón su respuesta y utiliza el valor de la aceleración de la gravedad (en lo sucesivo “ $g$ ”) con signo positivo (véase

Figura 1-Foto2). Este es el momento cuando S1 y S2 tienen duda sobre el signo e inicia la explicación del profesor.

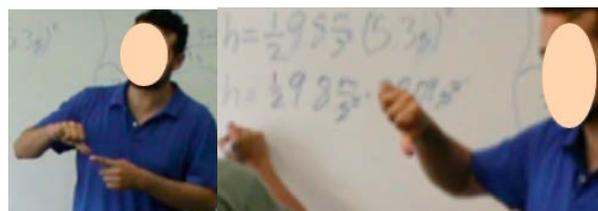


Figura 1: Fotos de gestos utilizados por el profesor para representar el signo de la gravedad en dos momentos (Foto 1-izquierda; Foto 2-derecha)



S1: Profesor, ¿la gravedad es negativa?

Profesor: Es negativa.

S2: ¿Sí es negativa?

Profesor: La gravedad siempre va a ser negativa; ¿ok? Pero en este caso (...) les había comentado que la aceleración era un vector. ¿Ok? Entonces, por ejemplo, si ustedes quieren hablar 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-Foto1*]; ¿ok? Pero en este caso, si la ponen así, de manera escalar (...) solamente estamos viendo la magnitud de la gravedad. Que serían 9.8. O sea la gravedad siempre va a ser hacia abajo. [*Un estudiante dice: "pero ahorita no"*] En el eje  $y$ , hacia abajo. Ahorita si quieren vamos a dejarlo así [*con el signo positivo*].

En este momento de la discusión, el profesor intenta hacer que los estudiantes tomen consciencia del significado del signo de la gravedad. Esta toma de consciencia la busca promover a través de un discurso en el cual inicia incorporando gestos con sus dedos (pulgarcito hacia abajo) para representar el signo. Sin embargo, a partir de este momento, se observa que no hay una articulación entre los argumentos verbales del profesor y su uso de gestos. Él [el profesor] es enfático al manifestar que la  $g$  "siempre va a ser negativa". Sin embargo, el argumento que utiliza lo vincula gestualmente con el tipo de movimiento (caída libre) y no con las relaciones matemáticas de la función de movimiento (posición respecto del tiempo). Al decir: "Porque siempre va a apuntar hacia abajo" no da explicación sobre que el "abajo" (y, en su caso, el "arriba") depende de un marco de referencia que involucra un lugar de inicio (origen) desde el cuál se realizan las mediciones y, también las direcciones (orientaciones) para obtener los valores numéricos. Es decir, el conjunto de convenciones empleadas es arbitrario. Aquí se observa que el primer medio semiótico usado por el profesor, para dar significado al signo de la gravedad, es el gesto. Sin embargo, su uso intencional está en función del caso particular de la cantidad vectorial sobre la cual hay confusión en S1 (la aceleración de la gravedad) y, en consecuencia, en función del tipo de movimiento. No se usa en función de un sistema de referencia como un significado físico.

## 4.2 Extracto 2 – El Sistema de referencia

La ambigüedad de la explicación del profesor, sobre si sería incorrecto o no [y el por qué] utilizar el signo negativo para  $g$ , se observa en el siguiente extracto.

S3: ¿Y si yo sí lo hice con el menos nueve punto ocho [refiriéndose a  $g=-9.8\text{m/s}^2$ ]?

Profesor: Si lo hiciste con el menos, quiere decir que ¿qué, compañera? Que cuando tú estabas hablando de este problema...[es interrumpido por otro estudiante].

S1: Pero dijo que si está cayendo, entonces ...

Profesor: A ver, ¿ahí [en el problema] qué les estoy preguntando, chicos?

S1: Que determines la altura de un puente desde donde cae una piedra.

Profesor: Ajá. Entonces, se supone que ustedes quieren determinar la "h" [altura; dibuja un diagrama; véase Figura 2-Foto1]. Esto de aquí, les digo que "g" siempre va a ser negativa, ¿ok? [Véase Figura 2-Foto1]. Ahora, ustedes van a tomar un punto de referencia. Bueno más bien sería aquí [dibuja un sistema de ejes coordenados; véase Figura 2-Foto2]. Si toman un punto de referencia aquí, chicos. Aquí sería  $y$  [vertical],  $x$  [horizontal]; ¿ok? Entonces si toman el punto de referencia ahí, ¿aquí cuánto vale este punto? [señalando el origen del sistema cartesiano que dibujó] Es el origen, ¿cuánto vale?

S1: Cero, coma cero.

Profesor: Ahorita solamente estamos actuando sobre  $y$ , entonces en  $x$  siempre va a valer cero. Entonces, si esto [la piedra] va cayendo para acá [simula la caída del objeto respecto del diagrama; véase Figura 2-Foto3]. Por eso sale el valor del negativo en  $y$ . Porque la  $y$  hacia abajo es negativa. (...) Entonces aquí este valor a ti [dirigiéndose a S1 y refiriéndose al valor de la distancia] te salió menos, menos ciento treinta y siete punto sesenta y cuatro; ¿sale? Porque el punto de referencia estamos aquí arriba [señala el origen del sistema cartesiano] y estamos midiendo cómo cae la pelotita, pero desde mi punto de referencia [*hace un gesto ocupando las dos manos; véase Figura 2-Foto 4*]. Que sería desde el puente. Yo no voy a estar en el agua midiendo eso; ¿no? Entonces por eso en este caso sale negativo [*la distancia (altura)*] y por eso les estoy diciendo que esto [*la aceleración de la gravedad*] es negativo.

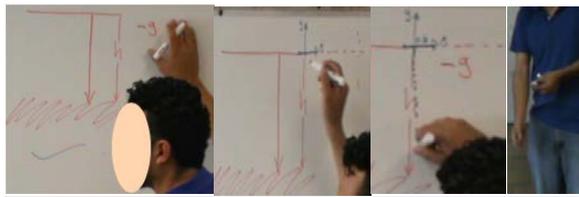


Figura 2: Fotos de gestos utilizados por el profesor para representar, de izquierda a derecha: la caída libre del objeto (Foto 1), el sistema de referencia (Foto 2); el movimiento del objeto respecto del sistema de referencia (Foto 3) y la medición de la distancia (Foto 4).

La pregunta de S3, que da inicio al extracto 2, muestra la inquietud de la estudiante sobre si su proceder fue correcto o no (y posteriormente sería bien evaluada) sobre el uso negativo de  $g$ . Por su parte, S1 respalda a S3 retomando el argumento previo del propio profesor (Extracto 1) en el cual asegura que, dependiendo de la dirección del movimiento observada se elegirá el signo de  $g$ , y, por lo tanto, el de los valores obtenidos. Posteriormente, el profesor incorpora otro medio semiótico de objetivación que considera necesario para la comprensión del signo de  $g$ , esto es, el concepto de sistema de referencia. Se observa que el profesor lo determina [el sistema de referencia] a partir del sistema de ejes coordenados (plano cartesiano) y sus orientaciones usuales (positivo: hacia arriba y hacia la derecha; y negativo: hacia abajo y hacia la izquierda). En esta parte del discurso, el profesor se enfoca en el concepto matemático (no físico) del sistema de referencia. Su uso del lenguaje lo enfoca en transmitir el significado matemático del problema, mientras que los gestos los utiliza solamente en relación con el fenómeno físico tratado. No se observa que relacione ambos. Por ejemplo, no se observa que a través de los gestos trate de ilustrar marcos de referencia alternativos en los cuales  $g$  fuera positiva. El significado de sus gestos depende solamente del movimiento particular del objeto (Figura 2: Fotos 3 y 4). Así, es explícito al decir: “Por eso sale el valor del negativo en  $y$ . Porque la  $y$  hacia abajo es negativa”. Por lo tanto, respecto del lenguaje utilizado por el profesor en este extracto no se observa cómo, al incorporar el sistema de referencia en su discurso, los estudiantes puedan ser conscientes del signo de  $g$  a partir del uso de los sistemas de referencia.

Resalta el hecho de que el profesor ha olvidado qué se pide encontrar en el ejercicio. En un inicio se

solicita encontrar una velocidad final. Sin embargo, a pesar de que el profesor intenta relacionar el ejercicio con el sistema de coordenadas cartesianas (Figura 2), debido a la importancia de utilizar  $g$  para llegar a la solución, ahora incluso se dice (por parte de los alumnos) otro objetivo: encontrar la altura del puente (“Sí. A ver, ¿ahí [en el problema] qué les estoy preguntando?” y S1 responde: “que determines la altura de un puente desde donde cae una piedra”). Este cambio de atención en el objetivo del ejercicio muestra que no hay una reflexión por parte del profesor sobre el contenido conceptual del problema y se deja guiar por la necesidad y los objetivos de los alumnos. No es consciente que el procedimiento sobre el cual se está discutiendo corresponde a una solución a través de la composición de funciones, en la cual el signo de  $g$  sigue siendo relevante y, sin embargo, cambia la atención sobre el contenido físico del problema. Lo que el estudiante (quien no participa en la discusión) escribe en el pizarrón corresponde a encontrar la velocidad final de la piedra como función de la altura  $V_f(h) = \sqrt{2gh}$  en donde, a su vez, la altura se encuentra en función del tiempo  $h(t) = \frac{1}{2}gt^2$  (ver Figura 3). Al proceder de esta manera se pierde de vista la naturaleza física del ejercicio en la cual el movimiento de la piedra corresponde a una función dependiente del tiempo, pero que parece “ocultarse” como dependiente de la altura. La posibilidad de resolver el ejercicio de dos maneras diferentes se observa a continuación.

### 4.3 Extracto 3 – Un ejercicio, dos maneras distintas de llegar a la solución

La discusión del ejercicio, hasta este punto, entre el profesor y los estudiantes, ha llevado a estos a involucrarse activamente en tratar de tomar consciencia, por una parte, sobre el proceso de resolución del ejercicio y su objetivo principal (encontrar la veloci-

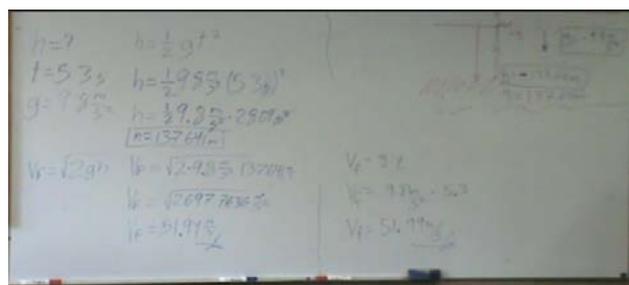


Figura 3: Foto del pizarrón durante la discusión del profesor novato con sus alumnos.



dad final de un objeto que cae), y, por otra parte, sobre significado del signo de  $g$ . Respecto del proceso de resolución, a continuación, se muestra la intervención de un estudiante.

S4: Profe, ¿también se puede hacer con la de la velocidad final es igual a la gravedad por el tiempo? [refiriéndose a otra manera de encontrar la velocidad final].

Profesor: A ver, ¿cuál?, ¿te sale lo mismo? (...) a ver, dímela [se refiere a la ecuación que utilizó S4, quien repite la “fórmula” mientras el profesor la escribe en el pizarrón:  $V_f = gt$ . Y aquí, entonces en el tiempo ¿cuánto pusiste de tiempo?

S4: Cinco punto tres.

Profesor: Y eso, ¿cómo lo sacaste? [observa el pizarrón y se da cuenta que el tiempo es uno de los datos del ejercicio] Ah ok. A ver, con ésta [refiriéndose a la ecuación] ustedes también lo pueden sacar, ¿no?

S4: Y es más rápido.

Profesor: Sí, es más rápido. Entonces de las dos maneras es correcta la magnitud, ¿ok?

A partir de la pregunta de S4, se observa que el profesor orienta su respuesta nuevamente hacia el objetivo principal (determinar la velocidad final), pero sin hacer una discusión sobre la relación que hay entre ambas ecuaciones y lo que representa cada una:  $v_f(h) = \sqrt{2gh}$  y  $v_f(t) = gt$ . El profesor solamente compara el resultado. Por ellos mismos, a los estudiantes se les dificulta reflexionar sobre el uso de ambas ecuaciones. Se observa así la necesidad de una toma de consciencia sobre el modo de matematizar el fenómeno. Después de la respuesta de S4, se retoma la discusión sobre el signo de  $g$ , que aún no ha sido comprendido. La importancia de este extracto es mostrar cómo S4 vuelve a dirigir la atención hacia el objetivo principal del ejercicio: encontrar la velocidad final de un objeto en caída libre. Aquí, los medios semióticos, que consisten en el uso de ecuaciones, son utilizados principalmente por los estudiantes, mientras que el profesor solo acompaña su discurso sin hacer uso de ellos.

#### 4.4 Extracto 4 – Dos signos para un mismo problema

El último extracto presenta la manera en que, a pesar de que se discutió tanto el signo de  $g$  como la solución del ejercicio, un estudiante aún no logra tomar consciencia sobre el significado del signo de la aceleración de la gravedad.

S3: Pero yo sigo sin entender lo de la gravedad.

Profesor: Fíjate. Yo les estoy diciendo que, en este caso, la aceleración es un vector; ¿ok? Y si la aceleración es un vector, la aceleración de la gravedad también lo va a ser; ¿sale? Entonces, esto de aquí [señala el signo de la Figura 2-Foto1] el negativo de la gravedad está diciendo hacia dónde se está dirigiendo siempre la gravedad. Entonces está dando algo así [dibuja una flecha orientada hacia abajo en el pizarrón], ¿sí? Siempre se va a dirigir hacia abajo. Ahora, esto siempre va a ser [escribe en el pizarrón: “ $g=-9.8m/s^2$ ”], esto nunca va a cambiar. Ahora, si tu no me lo quieres expresar de manera vectorial esto [refiriéndose a la aceleración de la gravedad], entonces dame el escalar, digo dame la magnitud de tu gravedad. Entonces si tú me das la magnitud, solamente sería esto de aquí [véase Figura 4 -Foto1]; ¿sí?, o sea sin el negativo, 9.8. Si tú ya me dices hacia dónde se dirige, me estás dando el sentido [véase Figura 4-Foto2] ahora sí que es hacia abajo. Y de igual manera, para sacar la distancia recorrida. Si tu me dices ¿lo vas a decir en distancia o lo vas a decir en desplazamiento? Desplazamiento se supone que es un vector también. (...) Entonces cuando sacas la magnitud, siempre les va a dar una magnitud así [vuelve a tapar el signo negativo de la aceleración de la gravedad], positiva. De igual manera para el desplazamiento. El desplazamiento, éste sería desplazamiento vectorial [señala en el pizarrón: “ $y=-137.64m$ ”] y la distancia recorrida sería así solamente [en el pizarrón escribe: “ $y=137.64m$ ”]. Eso sería tu distancia recorrida, ¿sí, ok? Pero tu desplazamiento vectorial va a ser negativo, hacia abajo.

Lo dicho por S3, al inicio del extracto, es indicativo que hasta este momento no ha quedado comprendido la “relatividad del signo” y que depende del marco de referencia utilizado para analizar el fenómeno físico. El profesor retoma su discurso sobre que conocer el signo de una cantidad implica conocer la dirección del movimiento, cuando dice: “el negativo de la gravedad está diciendo hacia dónde se está dirigiendo siempre la gravedad”. Sin embargo, la gravedad no se dirige hacia “arriba” o hacia “abajo” sino hacia el centro de la Tierra; lo que en nuestra percepción determinamos como “caer”. Las dificultades aparecen al tratar de explicar el porqué de la elección del signo y al centrar su atención en la magnitud de un vector (véase Figura 4 -Foto1). Y nuevamente, con un gesto, oculta el signo negativo de  $g$  para hacer referencia a un posible valor positivo;



Figura 4: Fotos de gestos utilizados por el profesor para representar: la magnitud de un vector (Foto 1 - izquierda) y el sentido de un vector (Foto 2 - Derecha)

pero este valor lo relaciona con una cantidad escalar, no con la orientación del vector en un sistema de referencia. El profesor da a entender que en un mismo problema uno puede hacer referencia a los dos signos en una misma cantidad, lo que resulta en una ambigüedad para el estudiante.

El proceso sobre el uso de medios semióticos de objetivación por parte del profesor novato a lo largo de los diferentes extractos para promover la toma de consciencia del signo de una cantidad vectorial, en una clase de Física, puede ser sintetizado en el siguiente diagrama (Figura 5). En él, cada rectángulo resalta el medio semiótico de objetivación (MSO) particular que usa el profesor (o los estudiantes: Extracto 3) –que puede coordinarse con el uso de otros medios semióticos– y que guían, en conjunto a través de los 4 extractos, el proceso de creación de significado sobre el signo de  $g$ .

## 5 Conclusiones

En este trabajo observamos el papel del lenguaje y de gestos en el discurso de un profesor novato y las dificultades que tuvo al tratar de hacer que sus estudiantes tomaran consciencia sobre el significado del signo de la gravedad,  $g$ . Así, la manera en que los significados de los conceptos matemáticos son desplegados y comprendidos involucra la movilización de signos y artefactos debido tanto al carácter semiótico de los mismos como a la característica semiótica del proceso de producción de significados que se lleva a cabo en el salón de clases. Se observó lo complejo y relevante de llevar a cabo una articulación entre lenguaje y otros recursos semióticos tales como gestos y los mismos conceptos –sistema de referencia– en los procesos de producción de significados. En particular, en esta investigación, se observó que no hubo una coordinación satisfactoria en-

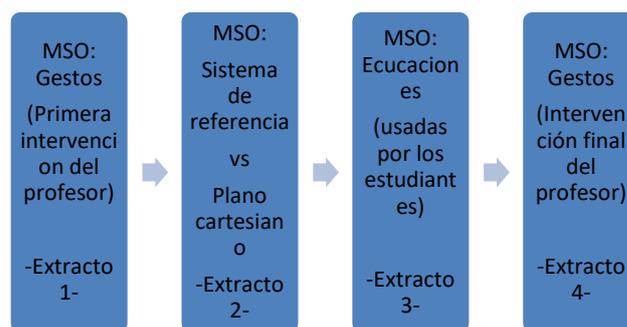


Figura 5: Diagrama que representa los diferentes medios semióticos de objetivación usados por el profesor novato y los estudiantes durante el proceso de toma de consciencia referente al signo de  $g$

tre los gestos utilizados por el profesor y su lenguaje. Mientras que fue consistente al señalar gestualmente el signo de la gravedad negativa cuando el cuerpo “cae”, fue ambiguo al tratar de explicar el porqué del signo negativo a partir de su carácter vectorial. Así, por un lado, el profesor centró su lenguaje en la característica matemática del problema y, por el otro lado, los gestos los enfocó solamente en la descripción física del problema. Un intento de llevar a cabo esta coordinación se observa en el extracto 2 en donde incorpora el uso del concepto de sistema de referencia; de lo que se desprende que es imprescindible determinar de antemano el sistema de referencia con el que se trabajará un problema. Por lo tanto, el sistema de referencia usado como recurso puede permitir que esta articulación entre el significado matemático y físico del movimiento de objetos pueda ser comprendida. Esto motiva a realizar más investigación en esta línea.

## 6 Referencias Bibliográficas

- Brousseau, G. (1997). *Theory of Didactical Situations in Mathematics*. (N. Balacheff, M. Cooper, R. Sutherland, & S. Warfield, Trads.). London, Great Britain: Kluwer.
- Mariotti, M. A. (2009). Artifacts and signs after a Vygotskian perspective: The role of the teacher. *ZDM Mathematics Education*, 41(4), 427-440.
- Piaget, J. (1948). *To understand is to invent: The future of education*. New York, USA. Grossman Publishers.
- Ponte, J. P., & Chapman, O. (2006). Mathematics teacher's knowledge and practices. In A. Gutierrez & P. Boero (Eds.), *Handbook of research on the psychology of mathematics education: Past, present and future* (pp. 461-494). Rotterdam, The Netherlands: Sense.
- Radford, L. (2003). Gestures, speech, and the sprouting of signs: A semiotic-cultural approach to students' types



- of generalization. *Mathematical Thinking and Learning*, 5(1), 37–70.
- Radford, L. (2006). Elementos de una teoría cultural de la objetivación. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, Número Especial*, pp. 103-129.
- Radford, L. (2008). The ethics of being and knowing: Towards a cultural theory of learning. In L. Radford, G. Schubring & F. Seeger (Eds.), *Semiotics in mathematics education: epistemology, history, classroom, and culture* (pp. 215-234). Rotterdam: Sense Publishers.
- Radford, L. (2014). De la teoría de la objetivación. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática*, 7(2). 132-150.
- Radford, L. (2018). Algunos desafíos encontrados en la elaboración de la teoría de la objetivación. *PNA*, 12(2), 61-80.
- Radford, L., & Roth, W. M. (2011). Intercorporeality and ethical commitment: An activity perspective on classroom interaction. *Educational Studies in Mathematics*, 77(2-3), 227-245.
- Salinas-Hernández, U., Miranda, I., & Moreno-Armella, L. (2017). How the teacher promotes awareness through the use of resources and semiotic means of objectification. In Kaur, B., Ho, W.K., Toh, T.L., & Choy, B.H. (Eds.), *Proceedings 41st of the Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (Vol. 4)*, 129-135. Singapore: PME.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The development of higher psychological processes*. Massachusetts, USA: Harvard University Press.

Como citar este artículo:

Salinas-Hernández, U., Miranda, I. (2020). La teoría de la objetivación en el análisis de los modos de enseñanza: el caso de un profesor novato. *RECME-Revista Colombiana de Matemática Educativa*. 5 (2), pp. 83-91.

Presentado: 25/octubre/2019

Aprobado: 05/mayo/2020

Publicado: 23/agosto/2020

---

## RECONOCIMIENTOS

---

Los autores desean agradecer a sus respectivas instituciones por el apoyo brindado para la realización de esta investigación. En específico:

- a) al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca de doctorado No. 261942.
- b) a la Secretaría de Investigación y Posgrado, del Instituto Politécnico Nacional, con el número de proyecto 20200781.