

CONOCIMIENTO DEL ESTUDIANTE Y SABER INSTITUCIONAL EN SITUACIONES DE APRENDIZAJE CON USO DE SOFTWARE DE GEOMETRÍA DINÁMICA.

Faberth Díaz Celis⁴⁶

Resumen

El texto presenta elementos preliminares del Proyecto de Investigación sobre el Conocimiento del estudiante y saber institucional en situaciones de aprendizaje con uso de Software de Geometría Dinámica inscrito en la línea de Investigación Tecnología y Didáctica de la Geometría del Doctorado Interinstitucional en Educación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en el Énfasis en Matemáticas.

El texto sigue las preguntas generales sobre el uso de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas y luego aborda un marco de referencia con el que asumen los estudios investigativos.

El proyecto de investigación asume una problemática general acerca del uso de la tecnología en la enseñanza de la geometría. Fundamentado en el marco de referencia intenta aportar a la búsqueda de respuesta sobre ¿Qué elementos deben tenerse en cuenta al formar profesores de matemáticas para la utilización de las tecnologías informáticas?

En el proyecto de investigación se privilegian los trabajos que usan software especializado para la enseñanza de la geometría.

Palabras claves: Teoría de Situaciones Didácticas, Institucionalización, Geometría Experimental, Software de Geometría Dinámica, Formación docente

La Teoría de las Situaciones Didácticas

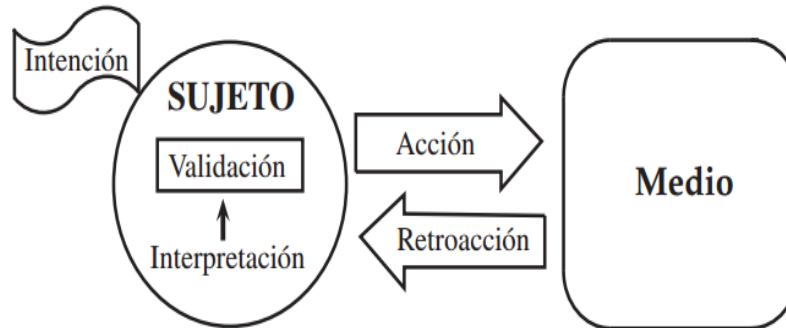
Se usa como referencia teórica para investigar el aprendizaje y la enseñanza mediante el uso de SGD la Teoría de la Situaciones Didácticas de Guy Brousseau (1993). A continuación se presentan de manera sintética algunos de los conceptos de dicha teoría que se usaran como marco de referencia.

Aprendizaje por adaptación

Uno de los conceptos fundamentales de esta teoría es el de Aprendizaje por adaptación (Margolinas, 2009), que es el aprendizaje que se produce por interacción entre un sujeto

⁴⁶ Estudiante del Doctorado Interinstitucional en Educación énfasis educación matemática. Universidad Francisco José de Caldas. Bogotá.

y un medio. En la Figura se presenta un esquema que sintetiza los principales aspectos de esa interacción.



En palabras de Acosta (2010a),

el sujeto tiene una intención (una necesidad, un objetivo) y para alcanzarla realiza una acción sobre el medio. El medio reacciona a esa acción (lo cual recibe el nombre de retroacción). El sujeto interpreta esta retroacción para poder validar o invalidar su acción; es decir, para decidir si alcanzó o no lo que se proponía. Si la acción que realizó el sujeto no alcanza lo que él quería, entonces la validación es negativa, y el sujeto modifica su acción para poder alcanzar lo que se propone. Si la acción sí alcanzó lo que el sujeto quería, la validación es positiva y el sujeto refuerza dicha acción. (p. 175)

Según la concepción de Brousseau, las retroacciones del medio son fundamentales para el aprendizaje, puesto que el sujeto produce conocimiento como resultado de la adaptación a un “medio” resistente con el que interactúa:

El alumno aprende adaptándose a un medio que es factor de contradicciones, dificultades, desequilibrios, un poco como lo hace la sociedad humana. Ese saber fruto de la adaptación del alumno, se manifiesta por las respuestas nuevas que son la prueba del aprendizaje. (Brousseau, 1993).

Brousseau desarrolló el concepto de medio, y describió su integración en el proceso de aprendizaje de la siguiente manera:

The teacher’s work therefore consists of proposing a learning situation to the student in such a way that she produces her knowing as a personal answer to a question and uses it or modifies it in order to satisfy the

constraints of the milieu and not just the teacher's expectations.
(Brousseau 1998, p. 228)⁴⁷

El diseño del medio es fundamental para la situación de aprendizaje, en la TSD las herramientas tecnológicas se asumen como el elemento material con cual el estudiante interactúa y se adapta. Como ha señalado Artigue (2006), el medio de aprendizaje es aquel que, por definición, es antagónico - es decir, está en oposición al estudiante y a su estado actual del conocimiento:

Within this framework [TSD], the learning outcomes resulting from the use of an instrument at the practical level are discussed in terms of the interaction of the learner with the milieu antagoniste. ... We may consider the learning outcomes as being the result of the adaptation of the learner to the milieu in consequence to the retroactions of the milieu on the learner himself/herself. Thus, if an educator wants to employ an instrument at the educational level, he/she has to set up situations in which the instrument is part of the milieu and is employed by the learner as a means to accomplish the proposed task. (pp. 15-16)⁴⁸

Siguiendo a Acosta & Camargo (2014), la TSD establece que es necesario desarrollar una manera indirecta para transmitir el saber,

esa estrategia indirecta consiste en plantear una situación a-didáctica, en la que gracias a la interacción con el medio, los estudiantes invalidan determinadas estrategias y validan sólo aquellas que están de acuerdo con el saber; el producto de esos procesos de validación e invalidación es un conocimiento personal y contextualizado. Una vez que los estudiantes han construido un conocimiento gracias al funcionamiento de la situación a-didáctica, el profesor explicita las relaciones de ese conocimiento (personal y contextualizado) con el saber (impersonal y descontextualizado), en lo que recibe el nombre de proceso de institucionalización. Cuando los estudiantes establecen relaciones entre el saber institucional y su conocimiento personal, el saber adquiere sentido para ellos. Así que la TSD considera dos grandes fases del proceso de enseñanza: la fase de funcionamiento a-didáctico, en la que la interacción principal es entre los

⁴⁷ [Por lo tanto, el trabajo del profesor consiste en proponer una situación de aprendizaje para el estudiante de tal manera que este produzca su conocimiento como una respuesta personal a una pregunta y lo use o lo modifique con el fin de satisfacer las restricciones del medio y no sólo las expectativas del maestro. (Brousseau 1998, p. 228)] (Trad. Propia).

⁴⁸ [En el marco de la TSD los aprendizajes que resultan del uso de un instrumento a nivel práctico se analizan en términos de la interacción del alumno con el medio antagonista. Podemos considerar los aprendizajes como el resultado de la adaptación del estudiante al medio. Por lo tanto, si un educador quiere emplear un instrumento en la clase, él tiene que diseñar situaciones en las que el instrumento es parte del medio y es empleado por el alumno como un medio para llevar a cabo la tarea propuesta. (pp. 15-16)] (Trad. Propia).

estudiantes y el medio preparado por el profesor, y la fase de institucionalización en la que el profesor explicita las relaciones entre el saber y el conocimiento. (p. 17)

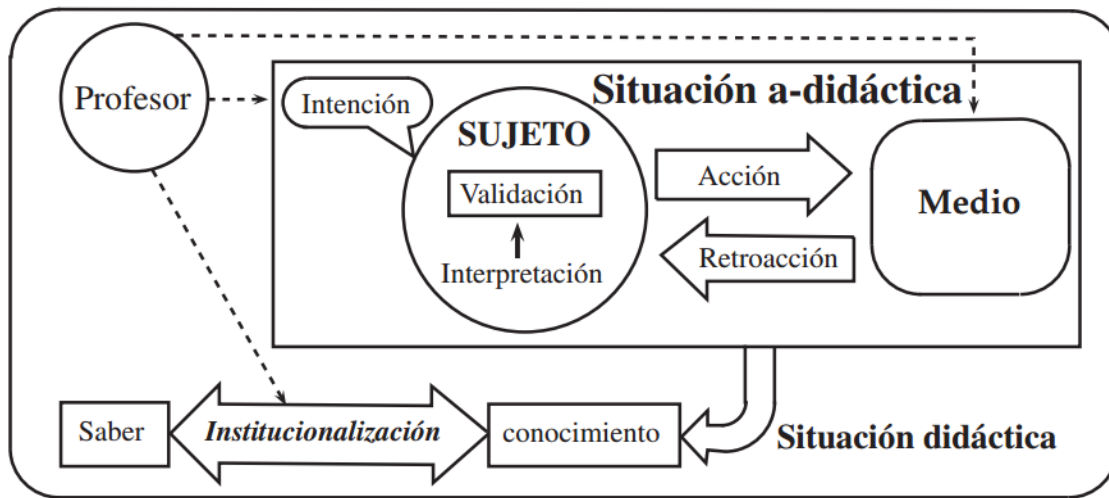
El Aprendizaje por adaptación no contempla la intervención de un profesor; sin embargo, en la teoría de las situaciones didácticas de Brousseau el rol del profesor es muy importante, puesto que es el encargado de promover la intención en el estudiante y diseñar el medio. El profesor debe anticipar las posibles acciones del estudiante y las retroacciones del medio para garantizar que puedan ser interpretadas por el estudiante, con el fin de validar o invalidar sus acciones, y que de esta manera se dé un aprendizaje por adaptación.

El elemento determinante del aprendizaje en las situaciones a-didácticas es la posibilidad de validación. En toda resolución de problemas debe darse la oportunidad de que los estudiantes reconozcan sus errores y cómo corregirlos; normalmente el profesor interviene directamente para señalar los errores y exponer la solución correcta (fase de evaluación según Margolinas). Pero existe la posibilidad de que el alumno decida sobre sus propias acciones, basado en sus conocimientos y en las retroacciones del medio. Es una fase de validación, si el alumno decide él mismo sobre la validez de su trabajo (Margolinas, 2009)

En síntesis, según la TSD el aprendizaje es un hecho del sujeto, fruto de la adaptación que se produce por su interacción con el medio. La enseñanza no es, fundamentalmente, un asunto de comunicación sino de organización y gestión de la interacción del sujeto con diferentes medios.

Situación a-didáctica

Otro concepto fundamental de la TSD es el de situación a-didáctica, que es aquella situación que produce un aprendizaje por adaptación. La situación a-didáctica sólo puede comprenderse con relación a la situación didáctica. Una situación es didáctica cuando un sujeto (profesor) tiene la intención de enseñar a otro (alumno) un saber matemático dado.



Según lo planteamos, según la TSD no es posible transmitir de manera directa el saber; es decir, el proceso de enseñanza no puede reducirse a un proceso de comunicación. Por el contrario, es necesario desarrollar una manera indirecta para su transmisión. Esa estrategia indirecta consiste en plantear una situación a-didáctica.

Una situación es a-didáctica cuando se da interacción entre un sujeto y un medio para resolver un problema. Como el medio es impersonal, no tiene ninguna intención didáctica: no desea enseñarle nada al alumno. Por eso este tipo de situación recibe el nombre de a-didáctica. Una

situación a-didáctica es una situación que utiliza un medio cuidadosamente escogido, gracias al cual los estudiantes pueden trabajar mediante una interacción con los elementos del medio. Es una situación que define una finalidad y los medios que pueden utilizarse para alcanzarla.

La situación a-didáctica debe permitir a los estudiantes utilizar estrategias espontáneas, basadas en conocimientos adquiridos, estrategias que deben resultar ineficaces o demasiado costosas para alcanzar el objetivo. Esta invalidación debería conducirlos a abandonarlas en el largo plazo.

Según Margolinas (2009), los estudiantes logran construir una estrategia ganadora gracias a las intervenciones del profesor y a la interacción con el medio. Las situaciones a-didácticas pueden verse como el dispositivo para ejecutar procesos experimentales en los que los estudiantes, confrontados a una tarea problemática, tienen la oportunidad de emplear estrategias espontáneas o no, y sobre todo tienen la oportunidad de ponerlas a prueba, para decidir por sí mismos cuál es la estrategia óptima. Un medio

material puede servir de terreno de experimentación al permitir determinadas acciones y ofrecer retroacciones que posibilitan la validación.

Según la TSD, el conocimiento es diferente del saber. El conocimiento es personal y contextualizado, mientras que el saber es impersonal y descontextualizado. Por lo tanto, una vez finalizada la situación a-didáctica, el profesor debe explicitar las relaciones entre el conocimiento construido por el alumno gracias a la situación a-didáctica y el saber que desea enseñar. A este proceso se le llama institucionalización. Tenemos entonces al interior de la situación didáctica una situación a-didáctica que el profesor utiliza para que los alumnos construyan un conocimiento, al cual podrá referirse para exponer el saber. Esto no significa que el profesor no deba intervenir durante la situación a-didáctica, sino que su intervención debe limitarse a animar al alumno a resolver el problema, hacerle tomar conciencia de las acciones que puede realizar y de las retroacciones del medio, pidiéndole que sea él mismo quien decida si resolvió o no el problema (validación). Este proceso recibe el nombre de devolución. Una vez terminada la situación a-didáctica, el profesor retoma su responsabilidad de enseñar, explicitando las relaciones entre el conocimiento construido en la situación a-didáctica y el saber que desea comunicar (fase de institucionalización).

En síntesis, la TSD considera dos grandes fases del proceso de enseñanza: la fase de funcionamiento adidáctico, en la que la interacción principal es entre los estudiantes y el medio preparado por el profesor, y la fase de institucionalización en la que el profesor explicita las relaciones entre el saber y el conocimiento. Durante la fase adidáctica se desarrollan dos procesos paralelos: el proceso de validación y el proceso de devolución. El proceso de validación es aquel por el cual los estudiantes ponen a prueba sus conocimientos y estrategias y gracias a la interacción con el medio deciden sobre su validez. El proceso de devolución es aquel por el cual el profesor acompaña el proceso de validación de los estudiantes, reforzándolo y evitando interrumpirlo.

Los conceptos centrales de TSD, según Drijvers et al. (2010, p. 102), que han sido incorporados en investigaciones recientes sobre los ambientes de aprendizaje tecnológicos son: el medio (Floris 1999), el contrato didáctico (Gueudet, 2006), y la institucionalización (Trouche, 2004).

¿Cuáles son las implicaciones de considerar el SGD como medio en una situación de aprendizaje desde la TSD?

De manera similar a como se necesita diseñar estrategias didácticas que faciliten la incorporación de las herramientas informáticas, para este caso concreto, se necesita poner a disposición de los profesores una mayor cantidad de Ingenierías Didácticas⁴⁹ (ID)

⁴⁹ “... el término ingeniería didáctica designa un conjunto de secuencias de clase concebidas, organizadas y articuladas en el tiempo de forma coherente por un profesor-ingeniero para efectuar un proyecto de aprendizaje de un contenido matemático dado para un grupo concreto de alumnos. A lo largo de los intercambios entre el profesor y los alumnos, el proyecto evoluciona bajo las reacciones de los alumnos en

que permitan el análisis del uso del SGD, como medio con el cual los estudiantes interactúan, y adoptar una estrategia experimental para poner en práctica la validación a través de la experiencia.

Los diseños y las investigaciones reportadas por Acosta (2005; 2008; 2010a; 2010b; 2011; 2013) muestran que las situaciones a-didácticas de las ID diseñadas para incorporar el SGD en la enseñanza de la geometría en los cursos de educación secundaria (para estudiantes entre 12 y 14 años), permite aprovechar el potencial del SGD. Sin embargo, algunos de estos diseños no abordan de forma explícita un análisis a priori del rol del profesor para intervenir en el proceso de transformación del conocimiento alcanzado por el estudiante al saber institucional.

Desde la perspectiva de Margolinas (2009) según la cual

el problema que se plantea para la ingeniería es poder prever cuál puede ser el rol del profesor en esas fases dado que la idea de "carta blanca" asociada a esas fases de balance nos parece incorrecta. En efecto, pensamos que el análisis de las condiciones de validación que hemos desarrollado, aunque es parcial, permite que el investigador haga un análisis a priori de tales fases, en función del avance de una secuencia dada. Así pues, no se trata aquí de un análisis de las limitaciones de la situación; se trata de analizar las alternativas que se abren, no las que se cierra. (p. 174)

Surge en consecuencia una posible pregunta de investigación:

¿Qué dificultades se le presentan al profesor para transformar el conocimiento personal y contextualizado del estudiante en saber institucional, cuando usa SGD como herramienta de enseñanza?

En conclusión, al analizar los avances teóricos sobre el potencial que ofrece el uso de las herramientas tecnológicas para la enseñanza de la geometría, el panorama general no es muy claro, como tampoco lo es la articulación de los marcos teóricos de diferentes orígenes. Algunas de las teorías específicas sobre el diseño de las situaciones de aprendizaje mediadas con el uso de Software parecen ser fructíferas, sin embargo las investigaciones muestran que otros aspectos quedan aún sin explorar, tales como el papel del profesor en entornos de aprendizaje ricos en tecnología y las formas de intervención que le permiten transformar el conocimiento del estudiante en saber institucionalizado.

función de las decisiones y elecciones del profesor. Así, la ingeniería didáctica es, al mismo tiempo, un producto, resultante de un análisis a priori, y un proceso, resultante de una adaptación de la puesta en funcionamiento de un producto acorde con las condiciones dinámicas de una clase." Douady (1996, p. 241).

Bibliografía

- Acosta, M. (2005). Geometría Experimental con Cabri. *Educación Matemática*, 17(3), 121-140.
- Acosta, M. (2008). Etude expérimentale avec Cabri3d de la généralisation á l'espace d'un problème de géométrie plane. *Revista Integración*, 26(1), 29-46
- Acosta, M. (2010a). Situaciones a-didácticas para la enseñanza de la simetría axial utilizando Cabri como medio. *Revista Integración*, 28(2), 173-189
- Acosta, M. (2010b). Dificultades de los profesores para integrar el uso de Cabri en clase de geometría. Experiencias de un curso de formación docente. *Tecné, Episteme y Didaxis*. 28, 57-72.
- Acosta, M. (2011). Resolución de problemas por medio de la matemática experimental: uso de software de geometría dinámica para la construcción de un lugar geométrico desconocido. *Integración*, 26(2), 145-156.
- Acosta, M. (2013). Lugares geométricos en la solución de un problema de construcción: presentación de una posible técnica de una praxeología de geometría dinámica. *Educación Matemática*, 25(2), 141-160
- Acosta, M., Camargo, L. (2014) Línea de Investigación en Tecnología y Didáctica de la Geometría. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado http://die.udistrital.edu.co/lineas/tecnologia_y_didactica_geometria
- Artigue, M. (2006). Methodological tools for comparison of learning theories in technology enhanced learning in mathematics. <http://telearn.noekaleidoscope.org/warehouse/Artigue-Kaleidoscope-2006.pdf>. Accessed 19 September 2007.
- Brousseau, G. (1998). *Theory of didactical situations in mathematics: didactique des mathématiques, 1970–1990* (edited and translated by N. Balacheff, M. Cooper, R. Sutherland, and V. Warfield). Dordrecht: Kluwer.
- Brousseau G. (1993). *Fundamentos y métodos de la Didáctica de la Matemática*. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Serie B, Trabajos de Matemática, No. 19, versión Castellana.
- Douady, R. (1996). Ingeniería didáctica y evolución de la relación con el saber en las matemáticas de collège-seconde. En Barbin, E., Douady, R. (Eds.). *Enseñanza de las matemáticas: Relación entre saberes, programas y prácticas*. Francia. Topiques éditions. Publicación del I.R.E.M.
- Drijvers, P.; Kieran, C.; & Mariotti, M. A. (2010). Integrating technology into mathematics education: Theoretical perspectives. In C. Hoyles & J.-B. Lagrange (Eds.), *Mathematics education and technology —rethinking the terrain* (pp. 89–132). New York: Springer
- Floris, R. (1999). Comment penser didactiquement la présence d'une calculatrice symbolique et graphique dans le milieu? In M. Bailleul (Ed.), *Actes de la Xe École*

- d'Été de Didactique des Mathématiques* Vol. 1, (pp. 262–265). Houlgate: Association pour la Recherche en Didactique des Mathématiques.
- Gueudet, G. (2006). Learning mathematics in class with online resources. In C. Hoyles, J.-b. Lagrange, L.H. Son, & N. Sinclair (Eds.), *Proceedings of the Seventeenth Study Conference of the International Commission on Mathematical Instruction* (pp. 205–212). Hanoi Institute of Technology and Didirem Université Paris.
- Margolinas, C. (2009). *La importancia de lo verdadero y de lo falso en la clase de matemáticas*. (M. Acosta, & J. E. Fiallo, Trads.) Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander
- Trouche, L. (2004). Managing the complexity of human/machine interactions in computerized learning environments: Guiding students' command process through instrumental orchestrations, *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 9, 281–307.