CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN Y FORMACIÓN EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA
2006, Año 1, Número 2

LA TEORÍA DE LOS CAMPOS CONCEPTUALES DE GÉRARD VERGNAUD

Hugo Barrantes
www.cimm.ucr.ac.cr/hbarrantes
CIMM, Universidad de Costa Rica
ECEN, Universidad Estatal a Distancia

Resumen

Se reseñan algunos de los componentes fundamentales de la Teoría de Campos Conceptuales propuesta por Gérard Vergnaud y su relación con otras teorías. La Teoría de Campos Conceptuales es una teoría psicológica sobre la conceptualización y sirve como marco teórico a investigaciones relacionadas con actividades cognitivas referidas a aprendizajes en cienicas y matemáticas.

Abstract

Essential components of the *Theory of Conceptual Fields* by Gérard Vergnaud are described; also, its connection to other theories is pointed out. This psychological theory is about the concept-making processes and it stands as a theoretical framework for research associated with cognitive activities within learning in Science and Mathematics.

Palabras clave

Campos Conceptuales, Educación Matemática, Pedagogía.

Según Crahay (2002), el carácter contextualizado de los conocimientos parece ser la regla después de la infancia; Vergnaud no tiene duda sobre ello y esto lo induce a dar un lugar fundamental a las reglas de acción, que son esencialmente contextuales. Vergnaud toma como premisa que el conocimiento está organizado en *campos conceptuales* cuyo dominio, por parte del sujeto, ocurre a lo largo de un extenso período de tiempo, a través de experiencia, madurez y aprendizaje. Gérard Vergnaud propuso la Teoría de Campos Conceptuales con la idea de que sirva de marco teórico en investigaciones relacionadas con actividades cognitivas, particularmente con aquellas que tienen que ver con aprendizajes científicos y técnicos. Aunque se utiliza como marco de referencia tanto en matemáticas como en otras ciencias, fue elaborada en primera instancia para explicar procesos de conceptualización de las estructuras aditivas, multiplicativas, del álgebra y relaciones número-espacio.

CONCEPTOS

En primer lugar, Vergnaud establece la importancia de la conceptualización y de los esquemas correspondientes. Para él, un concepto adquiere sentido para el sujeto a través de situaciones y problemas, no reduciéndolo simplemente a una definición. Por otra parte, establece que el conocimiento racional es necesariamente operatorio.

En cuanto a las situaciones, distingue dos tipos:

1. Aquellas para las que el sujeto dispone de competencias necesarias para el tratamiento relativamente inmediato de la situación.
2. Aquellas para las que el sujeto no tiene todas las competencias necesarias.

En el primer caso, las conductas del sujeto serán automatizadas y estarán organizadas por un único esquema. En el segundo caso, el sujeto se ve obligado a reflexionar, explorar, realizar tentativas, etc., Esto lo llevará a esbozar varios esquemas que deberán ser acomodados, separados y recombinados; este proceso es el que lleva a descubrimientos.

En definitiva, los conocimientos sólo adquieren generalidad si los elementos que los definen son aprehensibles por el sujeto, al margen de referencias a situaciones particulares. Esto implica que deben estar integrados en una red de conceptos que el sujeto ha comprendido mediante un proceso de reflexión sobre estos conceptos y teoremas en acto, proceso que Piaget calificaría de abstracción refleja.

ESQUEMAS

El concepto de esquema, para Vergnaud, se refiere a la organización invariante de la conducta para una clase dada de situaciones. Es en los esquemas donde se debe investigar los elementos cognitivos que le permiten a la acción del sujeto ser operatoria. Estos esquemas se presentan en todos los dominios, incluido el de las competencias matemáticas.

Los esquemas conllevan a la automatización que, junto con las decisiones conscientes, está presente en todas nuestras conductas.

Desde luego, algunos de los esquemas que poseemos pueden ser ineficaces. Cuando un esquema ineficaz es utilizado en una situación, se llega a la necesidad de sustituirlo o modificarlo. Está de acuerdo con Piaget en cuanto a que los esquemas que están en el centro del proceso de adaptación de las estructuras cognitivas son: asimilación y acomodación. Por otra parte, los esquemas se basan en conceptualizaciones implícitas; así, los errores de los alumnos muy frecuentemente tienen que ver con una conceptualización errada o insuficiente.

El concepto de esquema se aplica fácilmente a la primera de las categorías de situaciones mencionadas antes; es decir, aquellas para las que el sujeto dispone de las competencias necesarias. En situaciones de la segunda categoría, por ejemplo en resolución de problemas, los estudiantes muestran conductas igualmente estructuradas por los esquemas de que disponen, especialmente aquellos relacionados con situaciones que parecen tener una semejanza con la situación que ahora están tratando. Sin embargo, como la semejanza es parcial y posiblemente solo aparente, los esquemas solo se esbozan, las tentativas se interrumpen, varios esquemas se pueden ser evocados sucesivamente o simultáneamente en una situación que es nueva o considerada como tal por el sujeto. Esto es, el funcionamiento cognitivo del sujeto se basa en el repertorio de esquemas disponibles. Dado esto, dice Vergnaud, no se puede teorizar de modo válido respecto al funcionamiento cognitivo sin tener en cuenta el desarrollo cognitivo; hacia este problema crítico apunta su teoría de campos conceptuales.

INVARIANTES OPERATORIOS

Cada esquema se refiere a una clase de situaciones, pero un individuo puede aplicarlo a una clase más pequeña que a la que se le podría aplicar de modo eficaz; se plantea así el problema de extensión del esquema a una clase más amplia. En el proceso el sujeto debe reconocer analogías, semejanzas en algunos aspectos y diferencias en otros, entre situaciones a las que el esquema era operatorio para el sujeto y aquellas nuevas. Esto implica que la clave de la generalización del esquema está en el reconocimiento de invariantes. Vergnaud denomina por “concepto-en-acto” y “teorema-en-acto” (esto es, conceptos y teoremas que, sin ser explícitos, dirigen las conductas del sujeto) los conocimientos contenidos en los esquemas. Más globalmente los llama “invariantes operatorios”.

Establece tres tipos lógicos de invariantes operatorios:

1. Del tipo *proposiciones*: pueden ser verdaderos o falsos; tal es el caso de los teorías-en-acto.
2. Del tipo *función proposicional*: no pueden ser verdaderos o falsos pero son las que permiten la construcción de proposiciones. Por ejemplo, son de este tipo, los conceptos de cardinal, transformación, etc. Son los conceptos-en-acto o las categorías-en-acto, que raramente son explicitados por los alumnos. No hay proposiciones sin funciones proposicionales y, viceversa, no hay funciones proposicionales sin proposiciones.
3. Del tipo *argumento*: en matemáticas, los argumentos pueden ser objetos materiales, personajes, números, relaciones e incluso proposiciones.

Establece que: “Una aproximación psicológica y didáctica de la formación de conceptos matemáticos, conduce a considerar un concepto como un conjunto de invariantes utilizables en la acción. La definición pragmática de un concepto pone, por tanto, en juego el conjunto de situaciones que constituyen la referencia de sus diferentes propiedades, y el conjunto de los esquemas puestos en juego por los sujetos en estas situaciones” (Vergnaud, p. 7)

Agrega que el uso de significantes explícitos es indispensable para la conceptualización. Esto lo lleva a considerar un concepto como una tripleta formada por conjuntos: el de las situaciones que dan sentido al concepto, el de los invariantes sobre el que reposa la operacionalidad de los esquemas y el de las formas, tanto lingüísticas como no lingüísticas, que permiten representar el concepto, sus propiedades, las situaciones y los procedimientos de tratamiento.

CAMPOS CONCEPTUALES

En primera instancia considera un campo conceptual como un conjunto de situaciones, conceptos y teoremas. Por ejemplo, el campo conceptual de las estructuras aditivas es el conjunto de situaciones que requieren una adición o una sustracción o una combinación de dichas operaciones y, también, el conjunto de conceptos y teoremas que permiten hacer un análisis de esas situaciones como tareas matemáticas. Aquí, el concepto de situación no tiene el sentido de situación didáctica de Brousseau sino, más bien, el de tarea. Considera que toda situación compleja se puede analizar como una combinación de tareas.

Contrario a otros investigadores, subordina el papel de la forma de los enunciados y el número de elementos puestos en juego al papel esencial de los propios conceptos matemáticos.

SITUACIONES

El sentido que le da al concepto de situación está más bien relacionado con el que le dan los psicólogos; esto es, los procesos cognitivos y las respuestas del sujeto son función de las situaciones a las cuales son confrontados. Por otra parte, es necesario tener en consideración que existe una gran variedad de situaciones en un campo conceptual dado y que los conocimientos de los alumnos son modelados por las situaciones que han encontrado y dominado (la historia del aprendizaje de las matemáticas).

Cualquier situación puede reducirse a una combinación de relaciones de base con datos conocidos y desconocidos. Por ejemplo, para el campo conceptual de las estructuras aditivas, Vergnaud identifica seis relaciones de base a partir de las cuales se pueden generar todos los problemas de adición y sustracción de la aritmética ordinaria. Estas relaciones son: la composición de dos medidas en una tercera, la transformación (cuantificada) de una medida inicial en una medida final, la relación (cuantificada) de comparación entre dos medidas, la composición de dos transformaciones, la transformación de una relación y la composición de dos relaciones.

Vergnaud establece que una situación tiene un interés didáctico moderado puesto que son instrumentos para el análisis de las dificultades conceptuales que encuentran los alumnos. En ese sentido difieren de las situaciones didácticas de Brousseau, puesto que éstas requieren de una puesta en escena más interesante y rica. Sin embargo, una buena puesta en escena con carácter didáctico debe apoyarse en el conocimiento de la dificultad de las tareas cognitivas, de los obstáculos, de los procedimientos disponibles y de las posibles representaciones.

Subraya la idea de historia como algo esencial; con historia se refiere a la historia individual del aprendizaje de las matemáticas. Se pueden identificar regularidades de un niño a otro en los diversos aspectos y etapas por las cuales pasan, en particular se pueden identificar las principales filiaciones y las principales rupturas. Esto, dice, es la principal justificación de la teoría de campos conceptuales.

SIGNIFICADOS Y SIGNIFICANTES

A pesar de que son las situaciones las que dan sentido a los conceptos matemáticos, este sentido no está en ellas. Son los esquemas que una situación o un significante evoca en el individuo lo que constituye el sentido de esa situación o significante.

En la teoría de los campos conceptuales, la función del lenguaje y otros significantes es triple:

- Ayuda a la designación y a la identificación de los invariantes (objetos, propiedades, relaciones, teoremas).
- Ayuda en el razonamiento y la inferencia.
- Ayuda a anticipar efectos y fines, a la planificación y al control de la acción.

El lenguaje, además de la doble función de comunicación y representación, tiene una función como ayuda del pensamiento; esto es, en caso de necesidad un individuo verbaliza lo que está haciendo, con el propósito de planificar y controlar acciones que no domina completamente.

Expresa la eficacia del simbolismo de diagramas con cuadrados, redondeles, flechas y llaves para la transformación de las categorías del pensamiento en objetos del pensamiento. La invariancia del significante contribuye a una mejor identificación del significado y a su transformación en objeto de pensamiento. Pero, la pertinencia del simbolismo y del lenguaje es relativa a los conocimientos y al desarrollo cognitivo del alumno. En conclusión, el simbolismo matemático no es rigurosamente hablando ni una condición necesaria ni una condición suficiente para la conceptualización; pero contribuye últimamente a esta conceptualización, especialmente para la transformación de las categorías de pensamiento matemático en objetos matemáticos.

La clave para teorizar sobre el aprendizaje de las matemáticas está en considerar la acción del sujeto en situación y la organización de su conducta, de aquí la importancia del concepto de esquema. Esto por cuanto el funcionamiento cognitivo del sujetos en situación depende del estado de sus conocimientos implícitos y explícitos (Vergnaud, p. 20).

INVESTIGACIONES

La teoría de campos conceptuales ha servido de marco referencial teórico para muchas investigaciones que pretenden comprender y explicar el proceso de aprendizaje de conceptos en Matemáticas y en Física. Por ejemplo, Casallas, Gómez y Buitrago, lo utilizan en torno a las prácticas evaluativas en la educación secundaria relativos al concepto de función lineal dentro del campo conceptual multiplicativo; De León y Fuenlabrada, analizan los procedimientos que utilizan los niños de primaria para resolver situaciones problemáticas que comprometen el significado de cociente de las fracciones desde los enfoques de la psicología genética y la teoría de los campos conceptuales; Llancaqueo, Caballero y Moreira usan el marco de la teoría de campos conceptuales de Vergnaud, como referencial teórico para comprender y explicar el proceso de aprendizaje del concepto de campo en la Física.

ALGUNAS RELACIONES

Abstracción refleja

El paradigma constructivista de la abstracción refleja establece que tanto las operaciones como la causalidad proceden de las acciones (físicas o mentales) que realiza el sujeto con o en presencia de los objetos. Estas acciones comienzan por una *abstracción simple*, que se produce a partir de las propiedades observables de los objetos y sus variaciones. Este tipo de abstracción es la que conduce al establecimiento de un hecho general. Se termina en una *abstracción refleja*, más compleja porque es obtenida a través de las operaciones que el sujeto realiza con los datos anteriormente abstraídos. Mariotti (2002), hace notar que la abstracción refleja generada mediante la actividad de resolución de problemas, es consistente con la teoría de situaciones didácticas de Brousseau y con la teoría de campos conceptuales de Vergnaud.

Aprendizaje significativo

De acuerdo con la teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel, quien aprende relaciona la información nueva con los conocimientos que ya posee. De este modo, el aprendizaje significativo se produce cuando el estudiante puede relacionar la información que recibe con un concepto relevante que ya posee. Por otra parte, el aprendizaje se logra solo si el alumno se interesa por aprender lo que se le está proponiendo.

El aprendizaje significativo implica que quien aprende guarda la información en la memoria de largo plazo y puede traerla a la memoria de trabajo en el momento que lo requiera. Esto le facilita la adquisición de nuevos conocimientos relacionados con los anteriormente adquiridos de manera significativa. Por otra parte, quien aprende debe jugar un papel activo, en la adquisición de los conocimientos, para que ellos se produzcan de manera significativa. (Maldonado)

Rodríguez (2004), establece una coincidencia entre la teoría del aprendizaje significativo y la teoría de los campos conceptuales puesto que ambas consideran que la significatividad del aprendizaje es un proceso progresivo que requiere tiempo. Ambas hacen patente la necesidad de realizar el análisis conceptual del contenido objeto de estudio. Se trata de teorías psicológicas (una del aprendizaje y otra de la conceptualización de lo real) cuyos objetos de análisis, conceptos-clave, procedimientos de validación y ampliación son distintos, pero que tienen muchos aspectos en común. Concluye que la teoría de los campos conceptuales aporta un nuevo abordaje del aprendizaje significativo, sobre todo en lo que se refiere a los conceptos.

Modelos mentales

Johnson-Laird define modelos mentales como análogos estructurales de estados de cosas del mundo. Estos modelos sirven como instrumentos de comprensión e inferencia. Cuando un individuo se enfrenta a una situación nueva, construye un modelo mental para entenderla, describirla y tratar de preveer lo que va a suceder. Puede que el modelo funcione o no, puede ser vago, confuso, incompleto, pero puede ser funcional para el individuo quien, además, puede ser modificado hasta que le sea completamente funcional. Moreira dice que se puede hacer un puente entre los significados sobre representación en la teoría de Vergnaud y la teoría de los modelos mentales por cuanto, por ejemplo, "decir que tenemos representaciones computables para gestos y acciones sobre el mundo físico, para comportamientos verbales y para interacciones sociales, y que tales representaciones – que pueden ser correctas o erradas, vagas o precisas, explícitas o (principalmente) implícitas – permiten hacer inferencias es, prácticamente, decir que tales representaciones son modelos mentales" (Moreira).

CONCLUSIÓN

La teoría de los campos conceptuales es una teoría cognitiva que pretende ofrecer un referencial estudio del desarrollo cognitivo y del aprendizaje de competencias complejas. Esta teoría se ha utilizado ampliamente en investigaciones de este tipo en diferentes campos, tanto en las matemáticas como en otras ciencias.

Existen algunos conceptos clave en esta teoría además del propio concepto de campo conceptual; estos son los conceptos de: esquema**,** situación, invariante operatorio (teorema-en-acción o concepto-en-acción), y su propia concepción de concepto.

REFERENCIAS

Boero, P., Douek, N., Ferrari, P.L. (2002). Developing Mastery of Natural Language: Approaches to Theoretical Aspects of Mathematics. En (English, L. ed.) *Handbook of International Research in Mathematics Education,* pp. 241-268. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Casallas, L. M., Gómez, J. y Buitrago, M. (s. f.) *Situaciones de validación en el aula de matemáticas en torno a la función lineal*. Colombia. En línea, recuperado el 29 de setiembre de 2006 de: www.iberomat.uji.es/carpeta/comunicaciones/96_luz_casallas.doc

Crahay, M. (2002). *Psicología de la Educación*. Santiago de Chile: Editorial Andrés Bello.

De León, H. y Fuenlabrada, I. (1996). Procedimientos de solución de niños de primaria en problemas de reparto, en *Revista Mexicana de Investigación Educativa,* julio-diciembre 1996, vol 1, núm 2, pp. 268-282. México.

Llancaqueo, A., Caballero, M. y Moreira, M. A. (2003). El aprendizaje del concepto de campo en física: una investigación exploratoria a luz de la teoría de Vergnaud en *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol.25, no.4. São Paulo. En línea, recuperado el 2 de octubre de 2006 de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-47442003000400011

Maldonado, M. A. (s. f.) El *aprendizaje significativo de David Paul Ausubel*. Recuperado el 20 de junio, 2006, de http://www.monografias.com

Mariotti, M. A. (2002). The Influence of Technological Advances on Students' Mathematics Learning. En (English, L. ed.) *Handbook of International Research in Mathematics Education*, pp. 695-723 Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Moreira, M. A. (s. f.) *La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, la Enseñanza de las ciencias y la investigación en el área***.** Porto Alegre. En línea, recuperado el 22 de setiembre de: www.if.ufrgs.br/~moreira/vergnaudespanhol.pdf

Rodríguez, M. L. (2004) La teoría del aprendizaje significativo en *Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping* (A. J. Cañas, J. D. Novak, F. M. González, Eds.). Pamplona, España.

Vergnaud, G. (1990) La teoría de los campos conceptuales, en *Recherches en Didáctique des Mathématiques,* Vol. 10, nº 2, 3, pp. 133-170.