

FUNDAMENTOS DE LA TEORIA DE LOS CAMPOS CONCEPTUALES DE GERARD VERGNAUD

*Gladys Gutiérrez**

*Xiomara Arrieta ***

*Ramón Meleán****

Resumen

La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, es un referente utilizado con gran éxito en los últimos años (André, 2004; Escudero, Moreira y Caballero, 2009; Meleán, Arrieta y Escalona, 2010; entre otros). El propósito de este trabajo fue revisar las ideas de Piaget y Vygotsky como fuentes inspiradoras de los fundamentos de la teoría de Vergnaud, quien más allá de explicar cómo ocurre la formación y desarrollo del conocimiento humano, permite comprender los procesos de aprendizaje en el aula, ya sea considerando propuestas didácticas a la luz de aspectos cognitivos del aprendiz, como elementos de la historia y filosofía de las ciencias, las necesidades del entorno, los avances tecnológicos y recursos informáticos, entre otros, que contribuyen a

* Profesora Titular del Núcleo "Rafael Rangel" de la Universidad de Los Andes, Msc en Ciencias Aplicadas, LUZ. Estudiante del Doctorado en Ciencias Humanas Universidad del Zulia (LUZ), Investigadora activa del Grupo de Investigación de la Ciencia y de Enseñanza de la Física (GRINCEF) NURR-ULA. E-mail: gladysg@ula.ve

** Profesora Titular de la Universidad del Zulia. Lic en Educación, mención Cs. Matemáticas. M.Sc. en Matemática Aplicada. M.Sc. en Ciencias Aplicadas. Dra en Ciencias Humanas. Investigadora adscrita al Centro de Estudios Matemáticos y Físicos de LUZ. Investigadora acreditada al PEII, nivel B. E-mail: xarrieta2410@yahoo.com

*** Licenciado en Educación, mención Matemática y Física. M.Sc. en Matemática Mención: Docencia. Dr en Ciencias de la Educación. Investigador adscrito al Centro de Estudios Matemáticos y Físicos de la Universidad del Zulia. Línea de Investigación: Didáctica de la Matemática y Ciencias Naturales E-mail: rmeleanr@hotmail.com

Recibido: 20/04/2011

Aprobado: 05/07/2011

la construcción de conocimientos significativos en los estudiantes. Asimismo, se analizaron los principales elementos característicos de esta teoría: conceptos, esquemas, invariantes operatorios, significantes y significados, situaciones y campos conceptuales, para encontrar similitudes, antagonismos y completitudes de los tres autores. A manera de conclusión puede decirse que el trabajo de Vergnaud es una superación de las teorías de Piaget y Vygotsky, en el sentido de incorporar sus ideas a una teoría que va a la escuela a establecer nuevas relaciones entre el docente, el alumno y los contenidos, ya sea de matemática o ciencias naturales.

Palabras clave: *Campos conceptuales, referencial teórico, desarrollo cognitivo, interacción sociocultural, conocimiento humano.*

FUNDAMENTALS OF THE THEORY OF FIELDS CONCEPTUAL GERARD VERGNAUD

Abstract

Vergnaud's conceptual field theory is a benchmark used with great success in recent years (André, 2004; Escudero, Moreira y Caballero, 2009; Meleán, Arrieta and Escalona, 2010; among others). The purpose of this study was to review the ideas of Piaget and Vygotsky as sources of inspiration of the foundations of Vergnaud's theory, who beyond explaining as it is the formation and development of human knowledge, to understand learning processes in the classroom, considering whether educational proposals in the light of cognitive aspects of learners, as elements of the history and philosophy of science, environment needs, technological and information resources, among others, that contribute to the construction of significant knowledge in students. The main characteristic elements of this theory are also analyzed: concepts, diagrams, operational invariants, signifiers and meanings, situations, and conceptual fields, to find similarities, antagonisms and completeness of the three authors. In conclusion we can say that work Vergnaud is an improvement of Piaget and Vygotsky theories, in order to incorporate their ideas into a theory that the school will establish new relationships between teachers, students and content either math or science.

Key words: *Conceptual fields, theoretical referents, cognitive development, cultural interaction, human knowledge.*

1. Introducción

Se presenta el estudio de los fundamentos de la Teoría de los Campos Conceptuales (TCC) de Gerard Vergnaud. Para ello se realizó una investigación documental donde se revisan y analizan los aportes de Jean Piaget y Lev Vygotsky al campo de la pedagogía y la didáctica, aportes que sirvieron de inspiración a Vergnaud, no sólo para proponer su teoría sino para encontrar nuevos desarrollos en sus aplicaciones y alcances que configuran la TCC.

En los dos primeros apartes se muestra una revisión de las principales ideas de Piaget y Vygotsky, después se desarrollan las premisas, propuestas y elementos característicos de la TCC de Gerard Vergnaud; luego se comparan sus teorías en forma de encuentros, desencuentros y desarrollos en donde, a manera de conclusiones, se esbozan elementos comunes, contradicciones y completitudes, entendiendo que desde perspectivas distintas, Piaget y Vygotsky constituyen un marco referencial a los aspectos desarrollados por Vergnaud.

2. Principales ideas de la teoría de Jean Piaget

Piaget (1979a) logra adelantarse a sus contemporáneos que postulaban una teoría del aprendizaje conductista. Entre las ideas más importantes sobre las cuales se sustenta la teoría de este autor se encuentran las siguientes:

a) El funcionamiento de la inteligencia

Este autor postula que los organismos humanos comparten dos funciones “invariantes” *organización y adaptación*. Explica cómo la mente humana opera en términos de estas dos funciones no cambiantes, organizando todos sus procesos psicológicos en sistemas coherentes preparados para adaptarse a los estímulos cambiantes del entorno, a

través de otros dos procesos que se complementan a su vez, *asimilación y acomodación*.

La asimilación se refiere al modo en que un organismo se enfrenta a un estímulo del entorno en términos de organización actual, mientras que la acomodación implica una modificación de la organización actual en respuesta a las demandas del medio. Mediante la asimilación y la acomodación se va estructurando cognitivamente el aprendizaje como un proceso de reestructuración cognitiva. Ambas interactúan mutuamente en un proceso de *equilibración* como mecanismo regulador de la relación entre ambos, (Piaget, 1979a).

b) El concepto de esquema

Un esquema es aquello que es repetible y generalizable en una acción, por ejemplo, succionar el biberón primero para luego trasladar el dedo a otro objeto material. Así, Piaget denomina esquemas de acción a lo que, en una acción, es de tal manera trasponible, generalizable o diferenciable de una situación a la siguiente o dicho de otra manera, a lo que hay de común en las diversas repeticiones o aplicaciones de la misma acción (Piaget, 1969).

c) El concepto de estructura

Una estructura es una forma o patrón que toma la cognición en un momento dado, lo que la define no sólo es la presencia de unos y otros elementos, sino las relaciones que se establecen entre ellas; así se distinguen los esquemas en tanto unidades básicas de la estructura cognitiva y las operaciones que corresponden a coordinaciones de acciones interiorizadas, reversibles, agrupadas en sistemas de conjunto., en general todas aquellas que pueden ser reconocidas como conducta humana, (Rosas y Sebastián, 2001).

d) La teoría del desarrollo mental

El desarrollo psíquico, se inicia al nacer y termina en la edad adulta, es comparable al crecimiento orgánico: consiste en una marcha hacia el equilibrio. Del mismo modo como el cuerpo evoluciona para

alcanzar el final del crecimiento y la madurez de los órganos, así la vida mental se concibe como la evolución hacia el equilibrio final representado por el espíritu adulto.

El desarrollo es un perpetuo pasar de un estado de menor equilibrio a un estado de equilibrio superior. Es, una construcción continua, comparable al levantamiento de un edificio que a cada elemento que se le añade se hace más sólido. Así toda acción del sujeto supone siempre un interés que la desencadena, la inteligencia explica o comprende las funciones de interés, como elementos comunes “invariantes” de un nivel mental a otro. Las explicaciones particulares revisten formas diferentes según el grado de desarrollo intelectual (Piaget, 1979b).

Piaget (1979a) describió los cambios en el funcionamiento intelectual del niño en cuatro períodos ó “estadios epistemológicos”:

- (1) el periodo Sensorio-Motor (0 a 24 meses) en donde el niño usa los sentidos y las habilidades motrices para conocer aquello que le circunda.
- (2) El período pre operatorio (2 a 7 años) en donde se interiorizan las reacciones de la etapa anterior como acciones mentales características: el juego, lo simbólico, la contracción, la intuición, el egocentrismo, la yuxtaposición y la irreversibilidad.
- (3) La etapa de las operaciones concretas (7 a 11 años) donde se usan los símbolos de un modo lógico y a través de la capacidad de conservación llega a generalizaciones atinadas.
- (4) La etapa de operaciones formales (11 años en adelante) aquí el cerebro humano está capacitado para desarrollar pensamientos abstractos.

e) La epistemología genética

La epistemología, como teoría del conocimiento plantea una relación entre el sujeto que conoce y el objeto por conocer. Piaget (1970) explicaba que se puede definir la epistemología genética como el estudio del paso de los estados de mínimo conocimiento a los estados de mayor rigurosidad, ya que este es su problema específico, en su doble aspecto de construcción de las estructuras y de establecimiento de los hechos normativos.

3. Los alcances de las teorías de Piaget

Piaget adopta las perspectivas del evolucionismo darwiniano desde donde desarrolla todas sus investigaciones y construye un sistema teórico que aporta al conocimiento humano la importancia que confiere al carácter activo en el proceso del conocer, la interiorización como el mecanismo que explica la obtención del conocimiento a través del tránsito de lo externo a lo interno y, la elaboración de tareas experimentales ingeniosas que se han incorporado a las técnicas actuales de diagnóstico del desarrollo y permitieron un conocimiento mayor de las regularidades del desarrollo infantil.

Sus teorías se han aplicado en enseñanza preescolar y escolar tratando de superar los enfoques tradicionales y la escuela conductista, (Sanz y Corral, 1996). Como una propuesta más elaborada surge la pedagogía operatoria, como posibilidad de activar el desarrollo intelectual mediante un aprendizaje dirigido a acciones operatorias, asumiendo que el conocimiento es una construcción que realiza el individuo a través de su actividad con el medio, de acuerdo a los instrumentos intelectuales que posea, es decir, de las estructuras operatorias de su pensamiento, propiciando el desarrollo de la lógica y promoviendo que el propio sujeto infiera el conocimiento de los objetos y fenómenos de la realidad; asignándole un papel activo al alumno.

Las teorías de Piaget se constituyeron en una de las principales fuentes del constructivismo el cual como corriente pedagógica, filosófica y social rescata al sujeto cognitivo colocándolo como *constructor activo de sus estructuras de conocimiento* (Rosas y Sebastián, 2001). Las implicaciones educativas del constructivismo piagetiano han sido ampliamente discutidas, haciendo énfasis en dos tipos de acciones por medio de las cuales la persona aprende: las acciones físicas y las acciones lógico matemáticas, (Rodríguez, 1998).

Gerard Vergnaud, discípulo de Piaget toma de sus teorías los conceptos de esquemas, estructuras, equilibración, asimilación y acomodación y construye una teoría para ser aplicada inicialmente en la enseñanza de la matemática y hoy día en ciencias naturales.

4. Principales ideas de Lev Vygotsky

Su obra ha sido interpretada y aplicada de manera diversa; según Blank (1990) básicamente su teoría se centra en las siguientes premisas: a) La actividad mental es exclusivamente humana, como resultado del aprendizaje social, de la interiorización de los signos sociales y de la internalización de los signos sociales, de la cultura y de las relaciones sociales; b) El desarrollo psicológico es, un proceso socio genético; c) La cultura se internaliza en forma de sistemas neuro psíquicos sobre la base fisiológica de la actividad del cerebro humano; d) La actividad nerviosa superior permite la formación y desarrollo de procesos psíquicos superiores en los humanos, a diferencia de lo que ocurre con otros animales filogenéticamente avanzados.

Igualmente Vygotsky sostenía que: a) la actividad neural superior es una actividad nerviosa que ha internalizado significados sociales acumulados en el patrimonio cultural de la humanidad y mediatizados por signos, proceso realizado a partir de la actividad social de niños con adultos; b) La actividad social y las acciones prácticas también permiten la internalización de esquemas sensorio motores que luego devienen en significaciones sociales; c) El proceso de internalización tiene carácter histórico, las funciones mentales superiores como la percepción, la atención, la memoria, los afectos, el pensamiento, el lenguaje, la resolución de problemas y la conducta adquieren diferentes formas en culturas sociales históricamente distintas, (Blank, 1990).

Moll (1990), considera que la contribución primaria de Vygotsky fue la de desarrollar un enfoque general que incluyera plenamente a la educación como actividad humana fundamental, en una teoría del desarrollo psicológico; la pedagogía humana en todas sus formas, es la característica definitoria de su enfoque explicando cómo las prácticas educacionales limitan o facilitan el pensamiento y la necesidad de crear nuevas prácticas para los docentes y los alumnos. Así, continua, la construcción de la zona de desarrollo próximo son creaciones sociales, se constituyen y cambian socialmente estimando las posibilidades de actividades para niños y maestros analizándolos en su conjunto.

Vygotsky (1979, 1984) expone cómo el aprendizaje social a través de la zona de desarrollo próximo forma parte de una teoría general del origen social de las funciones psicológicas humanas, cuya transmisión al individuo en formación se lleva a cabo a través de la interacción dialéctica, mediada por el uso de sistemas de signos, entre el individuo y el contexto sociocultural y sus resultados son la internalización, la modificación y el cambio propio del contexto; así, observa que todo paso de un estadio evolutivo al siguiente se relaciona con un cambio pronunciado en los motivos, las inclinaciones y los incentivos.

La palabra es la unidad básica para el análisis de la conciencia, es toda la materia del pensamiento verbal, los significados son los hilos con que la sociedad protege una tela común; la distinción entre los conceptos “cotidianos y los escolarizados” es paralela entre el discurso escrito y el verbal. Los conceptos cotidianos están ligados a los objetos y condiciones específicas que sus nombres representan, formando parte del objeto como un atributo sin separarse en la mente. En el concepto escolarizado las palabras se separan de aquello que designan y son manipuladas en la mente para operar y ligar otras palabras, el único camino hacia el pensamiento verbal superior es la experiencia de la escolarización, ésta independiza a la palabra y la adscribe a una generalización.

5. Los alcances de Lev Vygotsky

En el apartado anterior explica cómo los conceptos cotidianos se aprenden a través del habla y los conceptos escolarizados se conectan con el mundo de la experiencia, a través de los conceptos cotidianos que han surgido de la actividad práctica, al relacionarlos cambia la naturaleza de los conceptos cotidianos, haciéndolos sistemáticos y convirtiéndolos en herramientas (Gallimore y Tharp, 1990).

Entendiendo que el conocimiento es activamente construido por el sujeto cognoscente en constante interacción con el mundo social, ya sea inducida o no, los alcances de la teoría sociocultural de Lev Vygotsky constituyen uno de los fundamentos principales del constructivismo, en tanto que ofrece una manera para explicar el ser humano quien, a lo largo de su historia personal, va desarrollando su intelecto y va conformando sus conocimientos (Larios, 1998).

Para Aguilar (2006), la teoría sociocultural ofrece conceptos útiles para el análisis del hecho educativo, y alude a Novak, quien menciona que tanto él como Ausubel reconocen el papel fundamental que tiene el lenguaje para el desarrollo cognitivo, en consonancia con el pensamiento de Vygotsky, de igual modo explica la importancia de las estrategias de trabajo colaborativo, ya que la colaboración y el conocimiento compartido es uno de los principios de diseño del Cmap Tools, herramienta que es parte de las prácticas que involucran al mapa conceptual. El concepto de zona de desarrollo próximo le ha permitido a Novak reinterpretar o reescribir acciones realizadas anteriormente, aún cuando estas no manifestaran explícitamente un contexto teórico Vygotskyano.

Argumenta Moreira (1997), como al hablar de aprendizaje significativo en un enfoque vygotskyano del aprendizaje, se podría invertir el argumento y decir que tiene mucho sentido hablar de interacción social vygotskyana en una perspectiva ausubeliana del aprendizaje. El aprendizaje significativo depende de la interacción social, de intercambio, de negociación, de significados por la vía de la interacción social.

Igualmente Moreira (2002) reseña como Vergnaud atribuye a la interacción social, al lenguaje y a la simbolización gran importancia en el dominio de los alumnos de un campo conceptual, del mismo modo como los profesores proveen oportunidades a los alumnos para que desarrollen sus esquemas en la zona de desarrollo próximo.

6. La teoría de los campos conceptuales

La TCC de Gerard Vergnaud es una teoría cognitivista que proporciona principios de base para el estudio del desarrollo del aprendizaje de competencias complejas para las ciencias y las técnicas; ofrece un marco para el aprendizaje de interés para la didáctica que permite comprender las filiaciones y rupturas entre conocimientos, conocimientos entendidos como los “saber hacer” y los “saberes expresados”. La TCC no es específica de las matemáticas aún cuando da cuenta de procesos de conceptualización progresiva de las estructuras aditivas, multiplicativas, relaciones número-espacio y del álgebra (Vergnaud, 1990).

Las principales ideas que desarrolla Vergnaud se explican en: los conceptos, los esquemas, los campos conceptuales y las situaciones.

a) Los conceptos

Un concepto es una definición, sin embargo si se quiere su enseñanza y aprendizaje debe considerarse el cómo ese concepto adquiere sentido, proceso esencial para la psicología, la didáctica y la historia de las ciencias. Todo concepto nuevo proporciona una respuesta teórica y/o práctica, dejando lo determinante al lenguaje y al simbolismo en la conceptualización. La medida de la función adaptativa del conocimiento remite a las formas que este toma en la acción del sujeto, todo conocimiento racional es operatorio y distingue dos clases: 1) aquellas para las cuales el sujeto dispone en su repertorio de competencias necesarias para el tratamiento de una situación en un momento dado bajo ciertas circunstancias; 2) aquellas para las cuales el sujeto no dispone de todas las competencias necesarias obligándole a un tiempo de reflexión y exploración que lo conduce al éxito o al fracaso (Vergnaud, 1990).

b) Los esquemas

Según Vergnaud (1990) se llama esquema a la “organización invariante de la conducta para una clase de situación dada”; es en los esquemas en donde se encuentran los distintos elementos cognitivos que permiten a la acción del sujeto ser operatoria, estos se designan con la expresión concepto-en acto y/o teorema-en-acto. Cuando el sujeto dispone de las competencias necesarias se observa para una misma clase de situaciones conductas automatizadas y organizadas por un esquema único, cuando no dispone de todas las competencias se observa una muestra sucesiva de esquemas, los cuales para llegar a una solución buscada, deben ser acomodados, separados y recombinados en un proceso de descubrimientos.

Se reconocen algunos esquemas:

- El esquema de dominio de la motricidad, donde se organiza el movimiento del cuerpo, en categorías de orden espacial,

temporal y mecánica, por ejemplo en el salto de altura se requieren conocimientos espaciales y mecánicos, sus ensayos sucesivos, la movilización de los músculos para asegurar la eficacia en las diferentes fases del movimiento requieren orientación en el espacio, distancia mínima, sucesión y duración, fuerza, aceleración y velocidad así como conocimientos-en-acto que toman la forma de teoremas de geometría y de mecánica.

- El esquema de las competencias matemáticas sostenidos como organizadores de la conducta: así el esquema del recuento de una colección. El esquema de la resolución de las ecuaciones de la forma $ax + b = c$. Por tanto, el funcionamiento cognitivo del alumno comporta operaciones que se automatizan progresivamente y decisiones conscientes para considerar valores particulares de las variables de una situación.
- El esquema de la automatización, consiste en un conjunto de decisiones conscientes para una clase de situaciones dadas sin que el sujeto pierda el control de las condiciones bajo las cuales se realiza tal operación.
- El esquema del algoritmo, tiene la propiedad de lograr un fin en un número finito de pasos. Por ejemplo, para la adición de los números enteros se procede según un conjunto de reglas o algoritmo.

El concepto de esquema se aplica más generalmente en aquellas situaciones en las que un sujeto tiene las competencias necesarias y menos donde no las tiene y requiere intentar varias aproximaciones. Así que las conductas en situación abierta son estructuradas por los esquemas, tomados del repertorio de esquemas disponibles asociados a esa situación por la semejanza, a veces varios esquemas parecen posibles de solución a la situación, hasta que surge la solución más pertinente.

Un individuo puede aplicar un esquema a una clase más pequeña o extender un esquema a una clase más amplia, se habla de deslocalización, generalización, transferencia o descontextualización,

al ser reconocidas por el sujeto las semejanzas, diferencias analogías y parentescos entre la clase de situaciones sobre la cual el esquema es ya operatorio, el reconocimiento de “invariantes” en tanto conocimientos es la clave para la generalización del esquema. De igual manera, los esquemas pueden ser aplicados por un sujeto individual a una clase demasiado amplia, descomponiendo el esquema en elementos distintos para ser recompuestos de distinta forma, de acuerdo a las subclases de situaciones como un proceso de restricción y acomodación.

c) Los invariantes operatorios

En general, los esquemas son la totalidad dinámica organizadora de la acción del sujeto para una clase de situaciones específicas, compuesto de reglas de acción o anticipaciones que generan una serie de acciones con el fin de lograr un cierto objetivo, compuesto de invariantes operatorios (conceptos-en-acción, conocimientos-en-acción, teoremas-en-acción) y de inferencias. Estos son necesarios para poner a funcionar un esquema en una situación particular.

Vergnaud (1990) explica que los invariantes operatorios de un esquema se presentan en tres tipos lógicos:

- Invariantes del tipo “*proposiciones*” susceptibles de ser verdaderas o falsas, las teorías-en-acto son este tipo de proposiciones. Por ejemplo, para niños entre 5 y 7 años, si se han contado A y B no es necesario contar el todo para encontrar el cardinal de A unido con B, este conocimiento se puede expresar como un teorema-en-acto: $\text{Card}(A \cup B) = \text{Card}(A) + \text{Card}(B)$, siempre que $A \cap B = \emptyset$
- Invariantes del tipo “*función proposicional*” constituyen las piezas indispensables para la construcción de proposiciones, raramente son explicitados por los alumnos aunque son contruidos por ellos mismos en la acción, son los conceptos-en-acto o las categorías-en-acto distinto de los teoremas-en-acto. La relación entre funciones proposicionales y proposiciones es dialéctica, no hay proposiciones sin funciones proposicionales ni al contrario, de igual modo los

conceptos-en-acto y los teoremas-en-acto se construyen en estrecha relación. Existen funciones proposicionales con un argumento (las propiedades), con dos (las relaciones binarias), con tres (relaciones ternarias), con cuatro (como la proporcionalidad) y con más de cuatro argumentos.

- La distinción entre proposiciones y funciones proposicionales por sí sola no da cuenta de todos los aspectos importantes del proceso de conceptualización; por ejemplo los conceptos de color, dirección y sentido tienen la evidencia de otro tipológico que los conceptos de azul y de recta, así el conjunto de los colores es el conjunto cociente del conjunto de los objetos por la relación de equivalencia “tiene el mismo color”, entonces el concepto de color procede de la construcción de un descriptor por la puesta en relación de valores particulares que puede tomar.
- Invariantes del tipo “*argumento*” pueden ser objetos materiales, personajes, números, relaciones y proposiciones, es decir los objetos ordinarios y sus propiedades. Para la didáctica los invariantes operatorios son necesarios porque en la conceptualización de lo real la transformación de los conceptos- útiles en conceptos-objetos es un proceso decisivo, pues significa que las funciones proposicionales pueden convertirse en argumentos.

d) Significantes y significados

Vergnaud (1990) relaciona los conceptos, los esquemas y los invariantes operatorios, así expone que la operacionalidad de un concepto se realiza por medio de diversas operaciones y se debe analizar una gran variedad de conductas y de esquemas para comprender en qué consiste, desde el punto de vista cognitivo tal o cual concepto; además la definición pragmática de un concepto pone en juego el conjunto de situaciones que constituyen la referencia de sus propiedades y el conjunto de los esquemas puestos en juego por los sujetos en esas situaciones.

El uso de significantes explícitos es indispensable para la conceptualización, se dice entonces que un concepto es una tripleta de conjuntos $C(S, I, \Gamma)$ siendo S el conjunto de situaciones que dan sentido al concepto, representa la referencia; I el conjunto de invariantes sobre las cuales reposa la operacionalidad de los esquemas, representa el significado; Γ es el conjunto de las formas lingüísticas que permiten representar simbólicamente el concepto, sus propiedades, las situaciones y los procedimientos de tratamiento, representan el significante. Estudiar el desarrollo de un concepto para su aprendizaje es considerar estos tres planos.

Son las situaciones las que dan sentido a los conceptos matemáticos, pero el sentido no está en las situaciones mismas, ni en las palabras y los símbolos matemáticos, a pesar que se dice que una palabra o un enunciado matemático tiene uno o varios sentidos, o ningún sentido para tales o cuales individuos.

Asimismo, al preguntarse ¿qué es el sentido? explica que es una relación del sujeto a las situaciones y a los significantes, son los esquemas evocados en el sujeto individual por una situación o por un significante, lo que constituye el sentido de esta situación o de este significante para este sujeto, son las conductas y su organización; por ejemplo el sentido de la adición para un sujeto individual es el conjunto de esquemas que puede poner en obra para tratar las situaciones a las cuales el sujeto llega a confrontar y que implican la idea de adición, es decir, para operar sobre los símbolos numéricos, algebraicos, gráficos y lingüísticos que representan la adición.

Por otra parte, una situación dada o un simbolismo no evoca en un individuo todos los esquemas disponibles, cuando se dice que una palabra tiene tal sentido se reenvía a un subconjunto de esquemas, operando de este modo una restricción en el conjunto de los esquemas posibles.

La función de los significantes en el pensamiento y la naturaleza de los esquemas que organizan el tratamiento en su producción y comprensión obligan a clarificar la función del lenguaje y de los restantes significantes, así el lenguaje ayuda a la designación e identificación de

los invariantes, ya sean objetos, propiedades, relaciones, teoremas, en el razonamiento, en la inferencia y en la anticipación de los efectos y de los fines, en la planificación y control de la acción. El lenguaje tiene la función de comunicar, representar y ayudar al pensamiento favoreciendo el descubrimiento de las relaciones, la previsión de las acciones a realizar.

e) Los campos conceptuales

Un campo conceptual es un conjunto de situaciones, entendiendo las situaciones como una tarea o una combinación de tareas, las que por su naturaleza y dificultades propias define el conjunto de sub tareas que se le corresponden; de ese modo la dificultad de una tarea no es ni la suma ni el producto de la dificultad de las diferentes sub tareas, pero el fracaso de una sub tarea implica el fracaso global. Esta teoría es considerada como una psicología de los conceptos, así la primera entrada de un campo conceptual es la de las situaciones y la segunda entrada la de los conceptos y los teoremas, (Vergnaud, 1990).

Vergnaud desarrolla la teoría de los campos conceptuales privilegiando los modelos que atribuyen un papel significativo a los conceptos matemáticos, particularmente en:

- El campo conceptual de las estructuras aditivas, es el conjunto de situaciones que requieren una o varias adiciones o sustracciones o una combinación de ellas; asimismo es el conjunto de conceptos y teoremas que permiten analizar estas situaciones como tareas matemáticas. Son elementos constitutivos de ellas, los conceptos de cardinal y de medida, de transformación temporal por aumento o disminución, de relación de comparación cuantificada, de composición binaria de medidas, de composición de transformaciones y de relaciones, de operación unitaria, de inversión, de número natural y número relativo, de abscisa, desplazamiento orientado y cantidad.
- El campo conceptual de las estructuras multiplicativas es el conjunto de operaciones que requieren una o varias

multiplicaciones o divisiones o la combinación de ellas, así como el conjunto de conceptos y teoremas que permiten analizar estas situaciones: proporción simple y proporción múltiple, función lineal y n- lineal, razón escalar directa e inversa, cociente y producto de dimensiones, combinación lineal y aplicación lineal, fracción, razón, número racional, múltiplo y divisor, entre otros.

- La lógica de clases, constituye el saber de referencia para la comprensión de los conceptos de propiedad y de característica, de la relación de inclusión, de operaciones de intersección, unión, complementario sobre las clases y las operaciones de conjunción, disyunción y de negación sobre las propiedades. Esta lógica también se interesa por las relaciones entre operaciones sobre las clases y operaciones sobre los números. Los esquemas necesarios para la resolución de este tipo de problemas incluye no solo la lógica de clases sino las estructuras aditivas.
- En Física los esquemas que organizan la actividad del sujeto en este dominio implican un conjunto de situaciones diferentes a comprender, por ejemplo en electricidad: la iluminación de una habitación, la conexión de una lámpara a una pila (dos polos, dos hilos, existencia de una corriente), la comprensión del circuito eléctrico de una habitación o de un coche, el análisis y la disociación de los conceptos de intensidad, tensión, resistencia y energía para los cálculos de electrocinética, así las estructuras espaciales: longitud, superficie, volumen requieren por ejemplo de la geometría y de las estructuras aditivas y multiplicativas.

f) Las situaciones

Los procesos cognitivos y las respuestas del sujeto son función de las situaciones a las cuales son confrontados. En relación a ellas se discurren dos ideas principales: Primero, la variedad de contextos en un campo conceptual dado, de modo que para generar el conjunto de clases posibles se estimen variables de situación; esto orientado hacia el análisis, la descomposición en elementos simples y la combinatoria

de ellos. En segundo lugar, la historia, porque los conocimientos de los alumnos son modelados por las realidades que han encontrado y dominado progresivamente y que conducen a dar sentido a los conceptos y a los procedimientos que se les quiere enseñar.

Toda situación puede ser reducida a una combinación de relaciones de base con datos conocidos y desconocidos que se pueden corresponder a otras tantas situaciones posibles; la clase de problemas que se pueden generar a partir de ellas es un trabajo científico necesario, toda ciencia se constituye a partir de una clasificación sistemática que abre el campo de las posibilidades y supera el cuadro de situaciones habituales.

Para investigar en enseñanza de la Física, la TCC es herramienta para encontrar aportes significativos en el estudio de contenidos conceptuales, los esquemas, invariantes operatorios y el análisis del funcionamiento cognitivo del sujeto en acción.

7. Encuentros, desencuentros y desarrollos

Hacer un análisis de las ideas de Piaget y Vygotsky y su influencia en la TCC significa encontrar los elementos comunes y sus contradicciones, entendiendo que desde perspectivas distintas constituyen un marco referencial a los aspectos desarrollados por Vergnaud, lo que da cuenta del grado de complejidad de su teoría al presentar en un mismo tiempo similitudes, diferencias y antagonismos de estos dos pensadores.

Plantearse cuál de los dos influyó en mayor grado en la TCC sólo tiene sentido en la medida que se analice el alcance y aplicación de ella; asimismo, la reflexión acerca de los aspectos en los que Vergnaud supera a algunos de ellos es posible, entendiendo que cada uno explicó sus posiciones sobre el desarrollo humano con marcos teóricos e ideológicos distintos y en circunstancias particulares, contribuyendo ambos al abordaje de la problemática educativa. Vergnaud al generar nuevas explicaciones e interpretaciones integradoras constituye en sí mismo un nuevo referente teórico para investigar los problemas pedagógicos y las estrategias metodológicas de la enseñanza.

Así, él mismo expone lo siguiente:

“Yo hice mi tesis con Piaget; reconocerán fácilmente su herencia en mi exposición, aunque transformé un poco y adapté sus ideas, a la luz de mi propia experiencia. He leído con pasión el libro de Vygotsky “Pensamiento y lenguaje” publicado en 1985.....Piaget y Vygotsky se interesan los dos por el desarrollo y la larga duración del desarrollo; sus convergencias son grandes. Es cierto que Piaget enfatiza más la actividad del sujeto que la cultura, pero es perfectamente consciente del rol de la cultura, en el desarrollo cognitivo del niño. Vygotsky, prioriza el peso de la cultura y los procesos de mediación, asegurados por el adulto, en vista de la apropiación de la cultura por el niño, pero él es también uno de los padres de la teoría de la actividad: da al lenguaje y al simbolismo un rol esencial de mediación.....Debo añadir que mi experiencia como investigador en didáctica me ha permitido ver las cosas de manera diferente a Piaget, que no se interesó por los conocimientos escolares, y a Vygotsky, que si bien se ha interesado, no entró suficientemente en el análisis de los contenidos conceptuales. La didáctica si que lo hace y esto nos lleva muy lejos” (Vergnaud, 2007: 285-302).

Lo anterior explica cómo este autor procura integrar dos propuestas que explican el desarrollo intelectual del individuo y los procesos cognitivos correspondientes; a partir de ellos delinea nuevos caminos para acoplar estos conceptos a la didáctica de modo de establecer las condiciones en las que el sujeto comprende los objetos y los fenómenos que le son nuevos. En ese sentido, puede decirse que Vergnaud supera, a quienes les antecedieron a sus elaboraciones por sus aportes al estudio de los procesos en el aula y su contribución a la didáctica.

Se encuentran, asimismo, aspectos en que puede observarse como Vergnaud busca que se complementen las propuestas de Piaget y de Vygotsky y, a su vez, a partir de ellos propone nuevos desarrollos; así plantea Vergnaud (2007) que el primer acto de mediación en la

enseñanza es la elección de la situación a proponer a los alumnos; en la zona de desarrollo próximo existen filiaciones y rupturas, el docente puede encontrar oportuno poner en juego la filiación y promover que el aprendiz pase de una situación a otra, próximas entre sí; sin embargo, el docente puede también considerar oportuno poner en juego la ruptura, de manera que provoque desequilibrio entre la situación a tratar y las competencias de los alumnos. El principio de adaptación de Piaget funciona muy bien aquí mientras que las ideas de desarrollo próximo de Vygotsky orientan a la prudencia.

8. Consideraciones finales

A modo de síntesis, las ideas de cada uno de estos pensadores, sus antagonismos o contradicciones, los alcances y nuevos desarrollos dados por Vergnaud a las ideas primarias de Piaget y Vygotsky podrían resumirse en:

- a) Para Piaget el ser humano al nacer es un ser biológico, mientras para Vygotsky es un individuo social. Vergnaud utiliza el concepto piagetiano de adaptación y en ese sentido lo relaciona al concepto de evolución, confiriendo al ser humano el carácter de ser biológico, pero igualmente otorga al sujeto un papel activo en el proceso de elaboración conceptual, al aceptar que además de la mediación y la acción, el sujeto aporta afectos, inquietudes, sentimientos, convicciones, preferencias, lo que le concede su condición de individuo social.
- b) Piaget explica que el conocimiento es un proceso de interacción entre el sujeto y el medio físico, mientras que Vygotsky dice que es una interacción entre el sujeto y el medio sociocultural.
- c) Uno de los presupuestos básicos de Vergnaud es que el conocimiento se constituye y se desenvuelve en el tiempo, en interacción adaptativa del individuo frente a las situaciones que experimenta. La expresión interpretación adaptativa proviene de la influencia de las ideas de Piaget en la propuesta

que hace Vergnaud. Del mismo modo, las situaciones, según Vergnaud, son las que constituyen el campo de entrada a un campo conceptual y el dominio de simbolismos y lenguaje mediante el cual los docentes proporcionan situaciones para que los alumnos pongan en juego sus esquemas en la zona de desarrollo próximo, se refiere a los aportes de Vygotsky a la teoría de Vergnaud.

- d) Señala Piaget que la potencialidad cognoscitiva del sujeto depende de la etapa en la que se encuentre, mientras que Vygotsky plantea que esta potencialidad depende de la calidad de interacción social y la zona de desarrollo próximo del sujeto. Para la TCC, el amago del desarrollo cognitivo es la conceptualización, ella es la piedra angular de la cognición. Luego, se debe prestar toda la atención a los aspectos conceptuales de los esquemas y al análisis conceptual de las situaciones para las cuales los estudiantes desarrollan sus esquemas, en la escuela o fuera de ella (Moreira, 2002).

La TCC de Vergnaud, utiliza e integra aspectos de los aportes de Jean Piaget y Lev Vygotsky en relación al desarrollo cognitivo del ser humano y, a partir de ellas alcanzó nuevos desarrollos que han permitido concretar propuestas metodológicas y estrategias para ser utilizadas por la didáctica en la investigación de sus problemas.

Los elementos fundamentales de la TCC de Vergnaud, sus definiciones, explicaciones y aplicaciones conforman un aporte significativo a alternativas de acción, para docentes preocupados por cómo enseñar y lograr que los alumnos aprendan. Ello es una superación de las teorías de Piaget y Vygotsky en el sentido de incorporar sus ideas a una nueva teoría que va a la escuela a establecer nuevas relaciones entre el docente, el alumno y los contenidos, ya sea de matemáticas o ciencias naturales.

Referencias Bibliográficas

Aguilar, M. (2006). El Mapa Conceptual y la teoría Socio Cultural. Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proc. Of Second Int. Conference on Concept Mapping. A.J. Cañas, J.D. Novak. Eds. San José de Costa Rica.

Piaget, J. (1969). Biología y Conocimiento. Siglo XXI Editores. España.

Piaget, J. (1970). Lógica y conocimiento Científico. Naturaleza y Métodos de la Epistemología. Edit. Proteo, S.A. Buenos Aires. Argentina. pp. 119-123.

Piaget, J. (1979a). Psicología de la Inteligencia. Editorial Psique. Buenos Aires. Argentina. pp. 57 y pp.133-154.

Piaget, J. (1979b). Seis Estudios de Psicología. El Desarrollo Mental del Niño. Edit. Seix Barral, S.A. 10ª Edición. pp. 11-19.

Rodríguez, W. (1998). Actualidad de las Ideas Pedagógicas de Jean Piaget y Lev S. Vygotsky: Invitación a la lectura de los textos originales. Actas encuentro Nacional de Educación y Pensamiento. Volumen V. Universidad de Puerto Rico.

Rosas, R. y Sebastián, C. (2001). Piaget, Vygotsky y Maturana: Constructivismo a Tres Voces. Aique Grupo Editor S.A.

Sanz, T. y Corral, R. (1996). Jean Piaget y la Pedagogía operatoria. En Colectivo de autores. Tendencias Pedagógicas Contemporáneas. Ed. El Poirá. S.A. Ibagué. Colombia. Primera Edición. pp. 113-120.

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

Vergnaud, G. (2007). ¿En qué sentido la Teoría de los Campos Conceptuales puede ayudarnos para facilitar aprendizaje significativo? *Investigações em Ensino de Ciências*. V 12(2), pp. 285-302.

Vygotsky, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.

Vygotsky, L. (1984). *Infancia y aprendizaje*. Madrid. Akal.