



REVISTA

educare

*Órgano Divulgativo de la Subdirección de Investigación y Postgrado
del Instituto Pedagógico de Barquisimeto "Luis Beltrán Prieto
Figueroa"*

BARQUISIMETO – EDO. LARA – VENEZUELA

NUEVA ETAPA

FORMATO ELECTRÓNICO

DEPOSITO LEGAL: ppi201002LA3674

ISSN: 2244-7296

Volumen 16 Nº 3
Septiembre-Diciembre 2012

**TEORÍA DE LOS CAMPOS CONCEPTUALES: UN MODO DE ABORDAR
INVESTIGACIONES EN ENSEÑANZA DE LA FÍSICA**

***THE THEORY OF CONCEPTUAL FIELDS: ONE WAY FOR TO APROACH RESEARCH
IN PHYSICS TEACHING***

Gladys Gutiérrez

Universidad de los Andes.
Núcleo "Rafael Rangel"

Xiomara Arrieta

Ramón Meleán

Universidad del Zulia.
Centro de Estudios Matemáticos y Físicos.

**TEORÍA DE LOS CAMPOS CONCEPTUALES: UN MODO DE ABORDAR
INVESTIGACIONES EN ENSEÑANZA DE LA FÍSICA**
***THE THEORY OF CONCEPTUAL FIELDS: ONE WAY FOR TO APROACH
RESEARCH IN PHYSICS TEACHING***

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Gladys Gutiérrez*

Universidad de los Andes. Núcleo "Rafael Rangel"

Xiomara Arrieta**

Ramón Meleán***

Universidad del Zulia. Centro de Estudios
Matemáticos y Físicos.

Recibido: 08-10-12
Aceptado: 05-12-12

RESUMEN

Este trabajo plantea un análisis de distintas investigaciones realizadas en enseñanza de la Física, cuyo referente es la Teoría de los Campos Conceptuales (TCC). La metodología utilizada es documental, de tipo descriptivo explicativo, mediante la búsqueda, interpretación y análisis de las investigaciones seleccionadas. Se identificaron y clasificaron sus dominios teóricos y metodológicos, nivel de enseñanza, contenidos, estrategias utilizadas, aporte y relación con otras teorías. Los resultados de la revisión permitieron identificar sus elementos característicos, comparando los elementos que definen la TCC, para establecer parámetros que la identifiquen como referencial en esas investigaciones. Como consideración final se afirma que esta teoría cognitivista, inicialmente sirvió de fundamento para el estudio del aprendizaje de la Matemática, hoy estudia procesos utilizados en el aula, a partir de los cuales se vislumbran nuevos aportes para delinear posibles estrategias didácticas para la enseñanza y el aprendizaje de la Física y otras Ciencias Naturales.

Descriptores: teoría de los campos conceptuales, investigación, enseñanza de la Física.

ABSTRACT

This paper presents an analysis of various investigations in Physics teaching, whose referent is the theory of conceptual fields (TCC). A documentary and descriptive explanatory methodology was used to search, to interpret and to analyze the selected investigations. We identified and classified their theoretical and methodological domains, educational level, content, strategies used, contribution and connections to other theories. The results of the review helped to identify its features by comparing the defining elements of TCC, to set parameters that identify this theory as a reference in these investigations. As a final consideration states that this cognitive theory, initially offered theoretical frameworks for the study of learning in Mathematics, studying processes used today in the classroom, from which new contributions are emerging to delineate possible teaching strategies for learning Physics and other Natural Sciences.

Keywords: conceptual field theory, research, teaching Physics.

* Profesora Titular de la Universidad de los Andes, Núcleo Rafael Rangel. Lcda. en Educación, mención Física y Matemática. M.Sc. en Matemática Aplicada, área Física. y en Cs. Aplicadas. Cursante del doctorado en Ciencias Humanas de LUZ. Investigadora acreditada al PEII, nivel A. E-mail: gladysg@ula.ve

**Profesora Titular de la Universidad del Zulia. Lcda. en Educación, mención Cs. Matemáticas. M.Sc. en Matemática Aplicada y en Cs. Aplicadas. Doctora en Cs Humanas. Autora de artículos publicados en revistas nacionales e internacionales. Investigadora acreditada al PEII, nivel B. E-mail: xarrieta2410@yahoo.com

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

INTRODUCCIÓN

La Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud (1990) surge para explicar procesos de conceptualización progresiva de estructuras aditivas, multiplicativas y relaciones de número, espacio y el álgebra. El estudio de sus aplicaciones resulta de interés para la didáctica pues se ha convertido en un referente teórico para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales y para el estudio e investigación acerca de esos procesos.

Esta teoría cognitivista, que inicialmente ofreció referenciales teóricos para el estudio del aprendizaje en la Matemática, hoy día se utiliza en la enseñanza y el aprendizaje de otras ciencias, pues de modo particular estudia procesos utilizados en el aula a partir de los cuales se vislumbran nuevos aportes a la Didáctica de las Ciencias Naturales, en particular de la Física.

En este trabajo se analizaron distintas investigaciones realizadas en la enseñanza de la Física utilizando como referente teórico la Teoría de los Campos Conceptuales (TCC) de Vergnaud. Para ello se exploró la literatura existente a fin de identificar y clasificar las publicaciones de acuerdo a criterios como: referenciales filosóficos y teóricos, metodología utilizada, nivel de enseñanza, contenidos estudiados, estrategias utilizadas y otros aspectos que resultaron del desarrollo de la investigación. Se identificaron elementos característicos de las investigaciones revisadas y se clasificaron según sus elementos comunes. Asimismo, se analizaron las estrategias usadas en cada una de ellas y finalmente se comparan las estrategias y análisis desarrollados con los elementos que definen la TCC.

La investigación se plantea en la modalidad documental, cuyo objetivo es la búsqueda, interpretación y análisis de las distintas investigaciones realizadas en enseñanza de la Física, que se pudieron localizar en los años 2008, 2009 y 2010, que utilizaron como referente la TCC. El proceso permitió delinear nuevas posibilidades de investigación y búsqueda de alternativas que permitan mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de conceptos, relaciones entre ellos y principios y leyes de la Física que conforman los campos conceptuales según Vergnaud.

ELEMENTOS CLAVES DE LA TEORÍA DE LOS CAMPOS CONCEPTUALES

Según Vergnaud (1990), el conocimiento está organizado en campos conceptuales cuyo dominio por parte del sujeto se logra en un extenso período de tiempo mediante la experiencia, la madurez y el aprendizaje; se dice que un campo conceptual es un conjunto formal y heterogéneo de problemas, situaciones, conceptos, relaciones, estructuras, contenidos y operaciones conectados unos a otros. El fundamento de esta teoría es que la actividad del sujeto es el eje central del aprendizaje y del desarrollo cognitivo.

Explica Vergnaud (2007), que la perspectiva de desarrollo cognitivo heredada de Piaget y Vygotsky es una referencia indispensable para analizar a largo y mediano plazo las filiaciones y rupturas en el proceso de formación del conocimiento. Asimismo, enfatiza que su motivación a estudiar los campos conceptuales se basó en la certeza que no se puede estudiar el desarrollo de un concepto de manera aislada sin relacionarlo con el contenido de conocimiento.

En el desarrollo y aplicación de la TCC se asumen como elementos clave: concepto, esquema e invariantes operatorios.

Concepto

Un concepto es, una definición, una representación simbólica lingüística de una idea general. Para que este pueda enseñarse o aprenderse es necesario considerar cómo adquiere sentido y se hace visible (Vergnaud, 1990), de modo que un aprendiz expresa los conocimientos por su manera de actuar en situación (forma operatoria) y por los enunciados y explicaciones que es capaz de expresar (forma predicativa).

Según Vergnaud (2007), es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

a) La operacionalidad de un concepto debe ser experimentada por medio de diversas situaciones y se debe analizar una gran variedad de conductas y esquemas para comprender en qué consiste este concepto; b) La definición pragmática de un concepto involucra el conjunto de situaciones que constituyen la referencia de sus propiedades y el conjunto de los esquemas manifestados en esas situaciones; c) La acción operatoria es necesaria pero no suficiente en la conceptualización, es necesario el uso de significantes explícitos, enunciados, símbolos, signos.

De lo anterior, se define al concepto (Vergnaud, 1990) como una tripleta de conjuntos, $C = (S, I, R)$ en donde: **S** es la referencia o conjunto de situaciones que dan sentido al concepto, **I** es el significado o conjunto de invariantes sobre las cuales reposa la operacionalidad de los esquemas y **R** es el significante o conjunto de las formas lingüísticas y no lingüísticas que permiten representar simbólicamente el concepto, sus propiedades, las situaciones y los procedimientos de tratamiento. Estos tres planos a la vez deben tomarse en consideración para estudiar el desarrollo y el funcionamiento de un concepto durante el aprendizaje.

Vergnaud (obras citadas) confiere especial importancia al concepto de *situación*. La define como la primera entrada de un campo conceptual, que se puede analizar como una combinación de tareas de las que es importante conocer la naturaleza y la dificultad propia. Una tarea puede tener sub-tareas, y su dificultad no es ni la suma ni el producto del conjunto de ellas, pero el fracaso de una de estas implica el fracaso global. Enfatiza que la elección de las situaciones es el primer acto de mediación del profesor, de modo que los procesos cognitivos y la respuesta del sujeto depende de las situaciones con las cuales es confrontado.

Existe una gran variedad de situaciones en un determinado campo conceptual, estas permiten generar sistemáticamente el conjunto de las clases posibles; asimismo, los conocimientos de los alumnos son modelados por las situaciones que han encontrado y dominado progresivamente, especialmente aquellas primeras situaciones capaces de dar sentido a los conceptos y a los procedimientos que se quieren enseñar.

Esquema e invariante operatorio

Según Moreira (2002), Vergnaud considera que esquema es el concepto introducido por Piaget para dar cuenta de las formas de organización como de las habilidades sensorio-motoras y de las actividades intelectuales. Un esquema genera acciones y debe contener reglas, pero no es un estereotipo porque la secuencia de acciones depende de los parámetros de la situación. Se refieren a situaciones a tal punto que, según Vergnaud debería hablarse de interacción esquema-situación y no interacción sujeto-objeto como hablaba Piaget, por ello considera que el desarrollo cognitivo consiste en el desarrollo de un vasto repertorio de esquemas.

Vergnaud, precisa Moreira (2002), explica que un esquema es la organización invariante del comportamiento para una determinada clase de situaciones. Para facilitar su comprensión, se tienen los ingredientes de los esquemas, a saber: a) *Metas y anticipaciones*, mediante las cuales el sujeto descubre una posible finalidad de su actividad y submetas, efectos o eventos; b) *Reglas de acción*, permiten la generación y continuidad de secuencias de acciones del sujeto para la búsqueda de información y de control de resultados; c) *Invariantes operatorios*, dirigen el reconocimiento por parte del individuo de los elementos pertinentes de la situación y, d) *Posibilidades de inferencia*, razonamientos que permiten determinar las reglas y anticipaciones a partir de las informaciones e invariantes operatorios que dispone el sujeto.

Para Vergnaud (1990) muchos esquemas pueden ser evocados sucesiva y simultáneamente en una situación nueva para el sujeto; así, las conductas en una situación determinada dependen del repertorio inicial de esquemas que el sujeto dispone. Este puede disponer o no, de las competencias necesarias para el tratamiento de una situación: en el primer caso responde inmediatamente a ella y en el segundo, se ve obligado a la reflexión y exploración para dar respuesta.

Los invariantes operatorios son los conocimientos contenidos en un esquema y constituyen la base implícita y explícita que permite obtener la información pertinente para inferir la meta a alcanzar y las reglas de acción adecuadas. Vergnaud designó las expresiones *concepto-en-acción* y *teorema-en-acción* a los conocimientos contenidos en un esquema. Un concepto-en-acción es un objeto, un predicado o una categoría de pensamiento considerada como relevante y pertinente y un teorema-en-acción es una proposición sobre lo real considerada como verdadera (Vergnaud, obras citas).

METODOLOGÍA

Una investigación documental es un trabajo sistemático, objetivo, producto de la lectura, análisis y síntesis de la información producida por otros, para dar origen a una nueva información, con el sello del nuevo autor (Morales, 2008). Por ello, este estudio es una investigación documental que busca interpretar y analizar distintas presentaciones de informes de investigaciones realizadas en enseñanza de la Física desde la perspectiva de la TCC de Vergnaud.

Siguiendo a Morales (ob.cit.), se seleccionó el tema, se acopió y organizó la información posible para así elaborar un esquema conceptual que permitió identificar los elementos característicos de las investigaciones encontradas, procurando determinar los elementos que le son propios y la relación entre ellos para establecer criterios unificadores que las definen. De ese modo, se estudiaron los ámbitos filosóficos y teóricos de acuerdo a los marcos referenciales conceptuales que caracterizan cada investigación y los caminos utilizados para realizarlas al definir tipo de acciones, actores, materiales, ambientes que definen elementos comunes y no comunes y que permitieron analizar las mismas.

Se seleccionaron al azar, los reportes de siete investigaciones hallados en revistas científicas, especializadas en enseñanza de las ciencias, de los años 2008, 2009 y 2010, que utilizaron la TCC en sus marcos referenciales y teóricos.

Se utilizó como estrategia de análisis la V de Gowin, técnica que permitió reconocer y considerar los objetos de estudio y sus dominios conceptuales y metodológicos. Los objetos de estudio, porque orientan a las preguntas y respuestas que determinan la investigación; el dominio conceptual, porque expresa la filosofía y teorías que contienen principios, leyes y conceptos o generalizaciones que se refieren a regularidades ya establecidas. Y finalmente el dominio metodológico, que formula los procedimientos registros, hechos, datos, las interpretaciones, afirmaciones de conocimiento y valor de la investigación.

Para que un proceso de investigación logre significados pertinentes es necesario establecer conexiones específicas entre un determinado evento, los registros tomados, las valoraciones hechas de esos registros, sus transformaciones, los conceptos que focalizan regularidades y los sistemas conceptuales utilizados para interpretar el conocimiento generado y que hace posible interpretaciones sobre los acontecimientos estudiados. Asimismo, Caballero (2005), expresa que la V de Gowin garantiza la interacción necesaria entre los principios teóricos y los procedimientos metodológicos, los cuales a su vez determinan la interacción necesaria del pensar y el hacer del investigador (Gowin, 1981; Gowin y Álvarez, 2005)

Para el análisis, en primer lugar, se examinan los trabajos por separado procurando estudiar cada uno de ellos utilizando la V de Gowin como instrumento de análisis; finalmente se organiza este análisis de acuerdo a otros parámetros: aspecto de la Física

estudiado, objetos tomados para el estudio, otras teorías utilizadas y propuestas alternativas a desarrollar que surgen de esas investigaciones.

HALLAZGOS

Investigaciones en enseñanza de la Física con referencia de la TCC, un análisis desde la V de Gowin (2008-2010)

Según Moreira (2007), la V de Gowin puede ser utilizada para analizar críticamente trabajos de investigación, ensayos, producciones literarias y cualquier forma de conocimiento documentado, a la vez es adecuado para resumir una tesis o una tesina, y resulta ser un instrumento heurístico que puede ser aplicado a cualquier caso de enseñanza, aprendizaje y evaluación, involucrando la producción y documentación de conocimientos.

De acuerdo a la metodología planteada, se presenta cada una de las publicaciones examinadas que corresponden a reportes de investigaciones sobre problemas de enseñanza y aprendizaje de aspectos de la Física, que utilizan como referencial teórico la TCC. A partir del análisis de cada una de ellas mediante la V de Gowin se presenta sucesivamente el objeto de estudio, el dominio conceptual y el dominio metodológico. Para los efectos de este artículo no se muestran las V de Gowin construidas para cada investigación.

Se presenta a continuación cada una de las publicaciones examinadas con sus análisis correspondientes:

Avances y retrocesos de los alumnos en el campo conceptual de Termodinámica (Oliveira, Caballero y Moreira, 2008)

Esta investigación fue realizada con estudiantes de los cursos de Electrotecnia, Mecánica, Electrónica y Química, que estudiaron Termodinámica el año anterior, de una escuela técnica, con el objetivo de analizar avances y retrocesos e identificar posibles invariantes operatorios presentados por los alumnos de enseñanza media y técnica en el aprendizaje de conceptos de Termodinámica (calor, temperatura, trabajo, energía interna y entropía).

Explican los autores que el dominio de un campo conceptual lleva mucho tiempo con avances y retrocesos; el conocimiento está organizado en campos conceptuales que pueden ser interpretados como grandes conjuntos de situaciones cuyo dominio requiere el

conocimiento de varios conceptos; pero a su vez esos conceptos están contruidos por conjuntos de situaciones, de invariantes operatorios, y de representaciones simbólicas y adquieren sentido a través de una variedad de situaciones. En consecuencia, si se establece un conjunto de situaciones didácticas es posible analizar el progreso de los estudiantes en un campo conceptual e identificar los conceptos en acción y los teoremas en acción que como invariantes operatorios pueden influir en ese progreso.

En cuanto al dominio metodológico se observó lo siguiente:

- a) Tomando en cuenta los registros, se realizaron dos trabajos previos para interpretar los significados atribuidos por los estudiantes a los conceptos de Termodinámica e identificar posibles indicadores de invariantes operatorios relativos a tales conceptos. Se elaboró un instrumento para entrevistas tipo clínico organizado en tres conjuntos de preguntas: a) ¿Ocurre transferencia de calor cuando dos cuerpos están cerca?, b) ¿Cuándo la energía interna aumenta el trabajo será positivo o cuando disminuye el trabajo es negativo?, c) ¿Es necesario una fuente de calor para aumentar la temperatura de un cuerpo?
- b) Considerando las transformaciones se probó lo siguiente: a) Las respuestas de los alumnos evidencian invariantes operatorios “ocurre transferencia de calor solamente cuando los cuerpos están próximos” o “siempre es necesario una fuente de calor para aumentar la temperatura de un cuerpo”, b) Los alumnos continúan asociando la idea de calor como algo que puede ser transferido o almacenado, para que capten el significado como energía en tránsito es necesario más interacción de significados.
- c) En relación con las afirmaciones: a) De conocimiento: se encontró que los alumnos no comprenden adecuadamente el significado y los signos utilizados en un campo conceptual de termodinámica y utilizan reglas inadecuadas; además el dominio de un campo conceptual es diferente para distintos alumnos, b) De valor: explican los autores que el camino para el progreso de los alumnos en un campo conceptual es tortuoso, su trayectoria no es lineal sino que presenta avances y retrocesos, filiaciones y rupturas. Asimismo, la complejidad didáctica deriva del hecho que los alumnos no se desenvuelven todos de la misma manera.

Los conceptos de sistema y equilibrio en el proceso de enseñanza/aprendizaje de la Mecánica y Termodinámica. Posibles invariantes operatorios (Covaleda, Moreira y Caballero, 2009)

Su objetivo fue analizar y describir las dificultades que encuentran los alumnos de un curso de Física I de la carrera de Ingeniería de la Universidad de Antioquia, para comprender los conceptos de sistema de equilibrio.

Según los autores esta investigación se enmarca en la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel, la construcción de modelos mentales de Johnson-Laird y la propuesta integradora de Greca y Moreira, que articula los esquemas de asimilación de Piaget como son definidos en la TCC y los modelos mentales de Johnson-Laird que explica como los invariantes operatorios pueden integrar los modelos mentales, y la propia TCC que define el concepto como el triplete de situaciones, invariantes operatorios y representaciones simbólicas y lingüísticas.

De ese modo se establece que, al considerar una clase de situaciones cuya solución está basada en un modelo físico construido por los científicos, se pueden encontrar elementos comunes que son los invariantes operatorios y se corresponden con las propiedades de dicho modelo. Se puede afirmar entonces que la comprensión de un determinado modelo físico requiere presentar al alumno una serie de situaciones con niveles de complejidad diferentes que le permita percibir los conceptos, relaciones y propiedades involucradas en el proceso para que el aprendiz deleve el conocimiento implícito en los invariantes operacionales de sus esquemas y progresivamente evolucione hacia aquellos conocidos en el ámbito científico.

De acuerdo al dominio metodológico se observó lo siguiente:

- a) Los registros se realizaron según los siguientes pasos: a) Se enfrentaron a los estudiantes a la solución de problemas abiertos para promover que expliciten los conocimientos que están empleando para construir modelos mentales que le ayudaran a resolver las tareas; es decir, sus invariantes operatorios; b) Se diseñaron instrumentos con diversas situaciones problemas de niveles de complejidad creciente; c) Se aplicó un cuestionario al inicio y al final del semestre conformando preguntas que involucran conceptos de sistema y equilibrio para reconocer los posibles invariantes operatorios; d) Se definieron categorías para los conceptos de sistema y equilibrio atendiendo a las respuestas y sus características.

- b) En las transformaciones se encontró: 1) Del análisis comparativo de los resultados de las pruebas inicial y final; sobre el concepto de sistema: a) El sistema como un conjunto de cuerpos, objetos y elementos que interesa estudiar y que interactúan entre sí, se ha identificado posibles conceptos-en-acto como el de “conjuntos” y “elementos” y, teoremas-en-acto como “interacción”; b) El sistema como una parte del universo que se requiere para estudiar su comportamiento y sus interacciones, se identificó un concepto-en-acto, noción de “subconjunto y subsistemas”. 2) Análisis comparativo sobre el concepto de equilibrio: a) Equilibrio como un estado de un cuerpo o sistema en el que la fuerza neta que actúa en él es igual a cero, posible teorema-en-acto “equilibrio igual a fuerzas nulas actuantes sobre un sistema”; b) Equilibrio como un estado en el que se cumplen condiciones o reglas para que un cuerpo, partícula o materia no haya perturbaciones o permanezca sin cambios; se encuentra un posible teorema-en-acto “en equilibrio un cuerpo no tiene un cambio en su estado”.
- c) En las afirmaciones: a) De conocimiento: se detectaron invariantes operatorios de los conceptos de sistema y equilibrio; además se enfatiza que, los significados adecuados que de los conceptos de “sistema y equilibrio” poseen los estudiantes favorece la construcción de nuevos conceptos de mecánica y termodinámica; b) De valor: a través de la acción mediadora del docente es posible que los estudiantes expliciten los significados de determinados conceptos que están empleando cuando se enfrentan a la solución de situaciones específicas, que reconocen como nueva, así pueden construir un modelo mental que les permite dar respuesta a la tarea, de modo que las inferencias transfieren ese modelo.

Implementación y evaluación de una propuesta de enseñanza para el tópico Física de Partículas en una disciplina de estructura de la materia basada en la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud (Krey y Moreira, 2009)

Esta investigación realizada con 28 estudiantes de un curso de formación inicial de profesores de Física para la enseñanza media, tuvo por objetivo generar aprendizaje significativo en tópico de Física de Partículas de la asignatura estructura de la materia a partir de situaciones propuestas.

Acerca de las teorías referenciales se recurren en este trabajo a la TCC de Vergnaud en tanto que asumen al conocimiento organizado en campos conceptuales que son conjuntos informales y heterogéneos de situaciones y problemas cuyo análisis y tratamiento requieren

distintas clases de conceptos procedimientos y representaciones simbólicas que se conectan unas con otras. Estas pueden ser una unidad de estudio cuyas comparaciones pueden ser tratadas de forma independiente. Además, los investigadores utilizaron la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel como referencial teórico.

De acuerdo con las referencias teóricas, el profesor tiene como papel proveer oportunidades a los alumnos para que desarrollen sus esquemas en la zona de desarrollo próximo (ZDP), según terminología vygotskyana. Estas deben ser seleccionadas y presentadas en el momento adecuado para que ocurra el aprendizaje deseado. El proceso debe ser conducido de forma que el alumno conceptualice y desarrolle sus propios esquemas apropiados para diferentes clases de situaciones, para que haya un aprendizaje significativo.

Todo lo que se refiere al dominio metodológico se explica según lo siguiente:

- a) En los registros se realizó intervención didáctica en dos etapas, la primera trabajada en forma tradicional y la segunda en situaciones escogidas y elaboradas utilizando contenidos de Física de la Partícula; se aplicó evaluación, respondida en forma anónima, al final sobre la metodología utilizada, la actuación del profesor, los contenidos y el sistema de evaluación. De igual manera, se confeccionó un texto orientado y se desarrollaron dos tipos de situaciones a través de discusiones dirigidas y procedimentales que exigen la participación del alumno en la ejecución de tareas.
- b) En las transformaciones se observó lo siguiente: a) Para verificar el nivel de aprendizaje se establecieron tres categorías en tres niveles diferentes superior, medio e inferior. En el primero demuestran buen dominio de los principales conceptos y las relaciones entre ellos, lenguaje preciso, buena comprensión de los significados y significantes en cada situación; en el segundo nivel, el dominio de conceptos no se completó y en el nivel inferior presentan conceptos erróneos o confusos, falta de relaciones; b) En la primera etapa, los estudiantes confeccionaron en pareja un texto de Física de Partículas y en la segunda etapa, además del texto elaboraron mapas conceptuales; c) En la primera etapa, la metodología fue considerada tradicional y desmotivadora y en la segunda etapa la metodología fue percibida como eficaz y aplicable en la enseñanza media.

- c) En las afirmaciones: a) De conocimiento: Aprendizaje significativo para que los estudiantes, futuros docentes, aborden conceptos de Física de Partículas en la educación media; b) De valor: La intervención didáctica a través de la construcción y aplicación de situaciones potencialmente significativas favorece el aprendizaje de los alumnos sobre los contenidos abordados. De esa manera, si el futuro docente aprende de modo significativo un determinado contenido, es probable que lo seleccione para trabajar con sus alumnos.

Desarrollo del concepto de Campo Magnético Estacionario con simulaciones de fenómenos físicos (Castellanos y Andrés, 2009)

Este es un estudio orientado hacia el aprendizaje del concepto de Campo Magnético Estacionario desde la TCC ante una secuencia de simulaciones guiadas, realizada con estudiantes de un curso de Física II de nivel Técnico Superior de Electricidad.

Afirman los autores que el concepto de campo es central en la Física y surge para explicar la interacción entre cuerpos en ausencia de contacto físico y medios de sustentación. De igual forma, la TCC considera al conocimiento organizado en campos conceptuales referidos a un conjunto de clases de situaciones problema y las simulaciones facilitan el acercamiento de los alumnos a los fenómenos físicos y a su estudio conceptual, su uso para la implantación de guías de situaciones novedosas puede contribuir a la activación de la estructura conceptual de los estudiantes y al desarrollo de nuevos significados y significantes.

Investigaciones anteriores, reportan dificultades de los estudiantes en el aprendizaje del concepto de campo y sus fuentes, distinguir entre campo estacionario, campo magnético y efectos del campo magnético estacionario y la estructura conceptual de los estudiantes, así como la comprensión de los procesos cognitivos que producen el aprendizaje de un concepto para proporcionar al docente conocimientos para el diseño de estrategias que faciliten el desarrollo conceptual de los estudiantes.

Considerando el dominio metodológico se observó lo siguiente:

- a) En los registros estudios de casos de intervención mediadora en el aula, se implementó una intervención didáctica con un cuestionario diseñando una secuencia de estudio que se centra en el abordaje de situaciones-problema presentado en simulaciones con un

guión de trabajo que promueve la discusión entre pares y con el docente para la elaboración de análisis y conclusiones.

- b) En las transformaciones se probó lo siguiente: a) Los problemas conceptuales identificados con los cuestionarios son: cargas eléctricas en reposo son fuentes de campo magnético, imanes como cuerpos cargados, líneas de campo y fuerza magnética son equivalentes; las líneas de campo son consideradas como entidades reales en el espacio; los vectores intensidad de campo magnético y fuerza magnética son paralelos; b) Después del ensayo se amplió el significado de campo magnético estacionario.
- c) En las afirmaciones: a) De conocimiento: Las estrategias apoyadas en simulaciones guiadas parecen contribuir al desarrollo conceptual de los estudiantes porque visualizaron fenómenos abstractos, resolvieron problemas, hicieron suposiciones, aclararon dudas y estudiaron situaciones que en el salón es difícil de abordar; b) De valor: Identificar los invariantes operatorios permite reconocer las dificultades de comprensión conceptual para diseñar situaciones novedosas dirigidas a avanzar en el proceso de conceptualización. Las dificultades presentadas por los estudiantes son las mismas reportadas en otros estudios. Las simulaciones facilitan la presentación de situaciones para el aprendizaje de conceptos y principios basadas en procedimientos propios del trabajo científico.

Conceptualización inicial de los Conceptos de Fuerza y Energía (Henríquez, Caballero y Moreira, 2009)

El objeto de esta investigación fue describir la conceptualización del campo conceptual de fuerza y energía e identificar grados de comprensión de sus significados en estudiantes de universidad al inicio del curso de Física.

El marco referencial de esta investigación enseña la TCC como el fundamento para analizar el trabajo realizado. Se asume a la cognición como la organización de esquemas de asimilación y el conocimiento se organiza en campos conceptuales que las personas asimilan a lo largo del tiempo. Estos son un conjunto de situaciones que para el análisis requiere de conceptos, representaciones simbólicas, operaciones del pensamiento y procedimientos que interactúan durante el aprendizaje. Las situaciones, la interacción entre esquemas y conceptos, la mediación y el uso de signos son algunos de los elementos de la TCC que se utilizan en esta investigación.

Aplicar la TCC en el estudio de aprendizaje de conceptos de Física, supone enfrentar a los estudiantes a situaciones con diferentes formatos de conceptualización y comprensión de los conceptos.

En el dominio metodológico se observó lo siguiente:

- a) Registros: se elaboró un cuestionario ad hoc que presentó nueve situaciones que dictan representaciones de los conceptos, se representaron cuatro alternativas y se elaboró una escala de acuerdo al nivel de comprensión.
- b) Transformaciones: 1) Se definieron niveles de conceptualización: Nivel 1: ausencia de invariantes operatorios; Nivel 2: reconocimiento y explicitación parcial de significados; Nivel 3: transición entre un reconocimiento y significación parcial con aplicación a situaciones; Nivel 4: aprehensión de los conceptos para el nivel de instrucción. 2. Se definieron cuatro niveles de comprensión, a saber N1 incomprensión, N2 comprensión incipiente, N3 comprensión parcial y N4 comprensión.
- c) Afirmaciones: a) De conocimiento: Los estudiantes al enfrentar situaciones no usan esquemas en acuerdo con significados científicos; la mayoría de los estudiantes dan sentido a las situaciones desde invariantes para fuerza y energía sin acomodarlos a esquemas más generales de vector-función; sólo una minoría acomoda sus esquemas a representaciones que demanden una comprensión del campo conceptual de fuerza y energía; la comprensión de la mayoría de los estudiantes se sitúa en los niveles de comprensión parcial de significados; b) De valor: se enfatiza en este trabajo que si se enfrentan los estudiantes a situaciones con formatos distintos de representación simbólica, es posible lograr mejores niveles de comprensión y nuevos esquemas que ayuden a la conceptualización.

Niveles de conceptualización en el Campo Conceptual de la Inducción Electromagnética. Un estudio de caso (Catalán, Caballero y Moreira, 2010)

Esta investigación tiene por objetivo identificar niveles de conceptualización de tres estudiantes del Ciclo Básico de Ingeniería durante el período instructivo, de conceptos vinculados al Magnetismo y el Electromagnetismo básico.

En el marco de la psicología cognitiva se enfatiza que el conocimiento está organizado en campos conceptuales y, el concepto como el conjunto formado por el referente que le atribuye sentido al concepto, el significado el conjunto de situaciones que el aprendiz

enfrenta y resuelve, el significante como el modo de expresión de los significados y el conocimiento como la acción que el sujeto pone en juego al presentarse ante una situación. Asimismo, esquema como la organización invariante del conocimiento para una clase de situaciones.

Los autores exponen que: a) Los saberes formalizados son sólo una parte del conocimiento que se explicita en la actividad y a su vez estos son un subconjunto de los conocimientos explicitables; b) La diferencia en los niveles de conceptualización de los alumnos a lo largo del proceso de instrucción puede ser objetivada destacando “como se integra el conocimiento con el que traen” si se pasa de la mención de elementos a la explicitación de las relaciones entre ellos y sus posibles transformaciones, la estabilidad y la coherencia de las afirmaciones de conocimiento para expresar e interpretar sus representaciones y complementariedad, obstáculos, rupturas y continuidad en el proceso de aprendizaje en la medida que constituyen insumos para el análisis de datos.

De acuerdo al dominio metodológico se observó lo siguiente:

- a) Registros: tres estudiantes fueron enfrentados a ejercicios y situaciones problemáticas que ponían énfasis en: modificación de fuerza a distancia; naturaleza del campo magnético; generación de fuerza electromotriz (fem); circulación de una corriente inducida a partir del movimiento de una espira cerrada dentro de campo magnético; transformación energética como consecuencia de la inducción electromagnética. Se usó la triangulación de la información al considerar las categorías empírica, interpretativa y teórica. Se establecieron niveles de conceptualización, a saber: A1: alto, que resuelve situaciones, organiza y clasifica relaciones, inferencias y argumentos; A2: medio, presenta limitaciones, no usa reproducciones simbólicas, sólo dibujos, no formaliza su saber, escribe el objeto de estudio pero no explica las causas; A3: bajo, no explica, no establece relaciones ni interpreta el enunciado de las situaciones, tiene dificultades para representar pictóricamente, no describe situaciones de causa, manifiesta dificultad para manejar una situación.
- b) Transformaciones: se reconocen las dificultades para identificar la interacción a distancia, confusiones entre carga eléctrica, polo magnético, flujo y campo magnético.

Estos están atados en esquemas de asimilación y no presenta evolución adaptativa que implique ruptura.

- c) Afirmaciones: a) De conocimiento: Para reconocer niveles de conceptualización es necesario identificar en los alumnos grados de organización conceptual, representación simbólica utilizada, inferencias y argumentos, clasificar adecuadamente interacción y separar relaciones; b) De valor: Para intervenir en las operaciones de regulación del aprendiz, es necesario explorar inicialmente las representaciones simbólicas y los invariantes operatorios usados por los estudiantes para obtener en forma adecuada la resolución de situaciones problema; asimismo, no se puede estudiar el desarrollo de un concepto de forma aislada porque siempre está tomando parte de un conjunto formando un sistema, pequeñas rupturas son mejores que las grandes pero hay que ver a cada alumno para ver cuál fue su ruptura.

Esquemas previos sobre Dinámica bajo la Teoría de los Campos Conceptuales. Consideraciones para el cambio (Meleán, Arrieta y Escalona, 2010)

Esta investigación analiza los esquemas previos que utilizan los estudiantes en la resolución de problemas de dinámica a través de lo que Vergnaud considera son sus ingredientes (metas, anticipaciones, reglas de acción, invariantes operatorios y posibilidades de inferencia) y pretende dar lineamientos generales para su desarrollo. Se enmarcada en la psicología cognitiva desde la perspectiva de la TCC, destaca 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 la experiencia, la madurez y el aprendizaje. Se entiende el campo conceptual como un conjunto informal y heterogéneo de problemas, situaciones, conceptos, relaciones, estructuras, contenidos y operaciones del pensamiento, entrelazados durante el proceso de adquisición.

Según los autores: a) La TCC asegura que la adquisición de conocimientos es moldeada por las situaciones y problemas previamente dominados y que ese conocimiento está influido por el contexto; b) Gran parte del conocimiento previo de los alumnos viene de las primeras situaciones que fueron capaces de dominar o de su experiencia al tratar de modificarlas; c) Es normal que los alumnos presenten tales concepciones, estas deben ser consideradas como precursoras de conceptos científicos para ser adquiridos; la activación de esos precursores es necesaria y debe ser guiada por el profesor.

En el dominio metodológico se observó lo siguiente:

- a) Registros: a) Utilizando el paradigma positivista se aplicó un cuestionario, denominado EPRE a 74 estudiantes, distribuidos en las únicas dos secciones de primer año de ciencias de Educación Media Diversificada y Profesional, en edad entre 15 y 16 años, organizados en grupo control y grupo experimental; b) Se presentó un total de 9 problemas referidos a las leyes de Newton obtenidos de la revisión bibliográfica y de Internet; c) En cada ítem se evaluó cada uno de los indicadores (metas, anticipaciones, reglas de acción, invariantes operatorios y posibilidad de inferencia); d) Se realizó el proceso de codificación.
- b) Transformaciones: a) Se realizó un cuadro operacionalización-item escribiendo X en cada respuesta afirmativa; b) Se utilizaron estadísticos descriptivos y el estadístico t de Student a través de una prueba de comparación de medios en muestras independientes para estudiar los esquemas de resolución de problemas que utilizaron los grupos de control y experimental.
- c) Afirmaciones: a) De conocimiento: los estudiantes no focalizan el problema, ni son capaces de reconocer datos o condiciones, tampoco reconocen las incógnitas, ni pueden explicar el proceso para llegar a la solución; además, sus conocimientos implícitos y explícitos no tienen pertinencia ni están de acuerdo con el conocimiento aceptado por la ciencia no fueron capaces de hacer inferencias, deducciones o generalizaciones, de modo que, ningún estudiante fue capaz de resolver correctamente alguno de los problemas; b) De valor: al analizar los esquemas previos de los estudiantes en la resolución de problemas de dinámica, se puede señalar que los grupos partícipes presentaban homogeneidad en características y esquemas de resolución. En segundo lugar, se propone una estrategia didáctica para ayudar a los aprendices a focalizar los problemas presentados, a activar sus esquemas y estos a su vez accionar invariantes operatorios implícitos con los que intentaran darle solución. Finalmente, reconocen que toda propuesta didáctica que considere las ideas previas de los aprendices, sus inquietudes e intereses resulta importante para los docentes si propicia condiciones para el desarrollo cognitivo de los sujetos involucrados en el proceso de enseñanza aprendizaje.

Elementos comunes para futuras investigaciones

En la revisión de los trabajos seleccionados se encuentran algunos elementos comunes que sirven de premisas para futuras investigaciones en enseñanza de la Física, en tanto que delimitan orientaciones para una metodología en este campo de la investigación relacionada con la TCC, a saber:

- a) Si se establece un conjunto de situaciones para analizar el progreso de los estudiantes en un campo conceptual, es posible analizar conceptos-en-acción y teoremas-en-acción que como invariantes operatorios dan sentido a ese progreso.
- b) La comprensión de un modelo físico requiere presentar al alumno varias situaciones con niveles de complejidad diferentes que les permita distinguir los conceptos, relaciones y propiedades involucradas en el proceso físico para que este exprese el conocimiento implícito en los invariantes operacionales de sus esquemas y desarrolle hacia los aceptados científicamente.
- c) El proceso de enseñanza y aprendizaje debe ser conducido de tal manera que el alumno conceptualice y desarrolle sus propios esquemas que le permitan enfrentar diversas clases de situaciones y lograr que le sean significativas.
- d) Es necesario identificar los invariantes operatorios para reconocer las dificultades de comprensión de un concepto, lo cual facilitará el diseño de situaciones novedosas y motivadoras con el propósito de que los estudiantes puedan avanzar en la conceptualización.
- e) Considerar siempre que todos los estudiantes no necesariamente presentan las mismas dificultades de aprendizaje y sus propuestas de solución pueden ser diferentes en cada caso. La diferencia en los niveles de conceptualización de los aprendices a lo largo del proceso de enseñanza y aprendizaje puede ser evidenciada observando cómo se integra el nuevo conocimiento con el que ya poseen, cómo pasan de la mención de los elementos a la explicación de las relaciones entre ellos y sus posibles transformaciones.
- f) Asumir que un saber formalizado es un subconjunto del conocimiento explicitable de manera que no se puede estudiar el desarrollo de un concepto de forma aislada.
- g) Toda propuesta didáctica que considere las ideas previas de los aprendices, sus inquietudes e intereses resulta importante para los docentes, si propicia condiciones

para el desarrollo cognitivo de los sujetos involucrados en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Vergnaud enfatiza que el estudio de un campo conceptual incluye identificar y clasificar situaciones, coleccionar datos sobre procedimientos y otras formas a través de los cuales, los estudiantes manifiestan su raciocinio. Un ciclo de investigación comienza con la identificación de niveles de objetos, relaciones y teoremas en acción, luego se planifican situaciones, materiales y experimentación con alumnos para construir representaciones simbólicas mediante la observación y análisis de lo que ocurre. Debe darse luego un segundo ciclo para mejorar el primero: este trabajo debería ser desarrollado por redes de investigadores (Moreira, 2002).

Moreira expone que el primer paso para estudiar el dominio progresivo de un campo conceptual por parte del alumno, es identificar y clasificar situaciones, considerando la variedad de situaciones en un campo dado y la evolución progresiva en el aprendizaje de los alumnos; implica también el estudio de los diferentes procedimientos y representaciones simbólicas que el aprendiz utiliza en la resolución de problemas en términos de invariantes operatorios.

Lo anterior justifica plenamente las investigaciones aquí analizadas en la perspectiva referencial teórica de la TCC y explican los dominios conceptual y metodológico como elementos de análisis, ratificando para cada una de ellas las fortalezas de un abordaje teórico que surgió para estudiar estructuras aditivas y multiplicativas pero que bien se verifica y amolda plenamente para investigaciones en enseñanza de la Física.

Un análisis desde otras categorizaciones

En el análisis de los estudios presentados se encuentran otros parámetros que a los efectos de investigación en enseñanza de la Física son relevantes y que de algún modo arrojan oportunidades para avanzar en esos propósitos:

- a) *Aspectos de la Física estudiados*, son muchos los aspectos estudiados; así, se encuentran presentes en las investigaciones objeto de este estudio conceptos de Termodinámica (calor, temperatura, trabajo, energía interna y entropía); conceptos de Sistema y Equilibrio; Física de Partículas; concepto de Campo Magnético Estacionario;

campo conceptual de Fuerza y Energía; campo conceptual de Inducción Electromagnética; resolución de problemas de Dinámica.

- b) *Objetos tomados para el estudio*, se refiere al grupo humano objeto de investigación. Estudiantes de: Electrotecnia, Química, Electrónica y Mecánica que cursaron en el semestre anterior Termodinámica; Física I de Ingeniería; un curso de Formación Inicial de Profesores de Física para la Enseñanza Media; un curso de Física II nivel Técnico Superior de Electricidad; Ciclo Básico de las carreras de Nivel Superior, Primer Año de Educación Media Diversificada y Profesional.
- c) *Otras teorías utilizadas*, se encuentra que en algunas de las investigaciones estudiadas se aplican: a) La teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird, según la cual es posible construir modelos mentales a partir de la comprensión significativa de modelos nuevos; b) La teoría del aprendizaje significativo de Ausubel como una teoría cognitiva que supone la existencia de conceptos, ideas, creencias en la estructura cognitiva del individuo y que interactúa con nuevos conceptos, teorías o informaciones presentadas al alumno mediante un material potencialmente significativo, a través del cual se modifican significados (proceso de asimilación) que se incorporan a la estructura cognitiva del que aprende.
- d) *Propuestas alternativas a desarrollar que surgen de esas investigaciones*, se encontró que se proponen aspectos a desarrollar en un proceso de mejoramiento de la enseñanza, tales como: a) La incorporación en los planes de estudio de una unidad básica en la formación inicial de la Física; b) La intervención didáctica como un mecanismo para el logro de propósitos de investigación que orientan a un intento de metodología en investigaciones en la enseñanza de la Física.

Se infiere cómo la TCC es apropiada para el estudio del aprendizaje de todos los aspectos de la Física en diversas condiciones y niveles de enseñanza, justamente esta teoría envuelve la complejidad inherente a la necesidad de abarcar desde una misma perspectiva teórica el desarrollo de situaciones, conceptos y teoremas que se usan para operar en las palabras y los símbolos que representan esos mismos conceptos (Caballero, 2005).

Del mismo modo, Moreira (2002), explica como Vergnaud considera al campo conceptual una unidad de estudio para dar sentido a las dificultades observadas en la conceptualización de lo real. Esos campos no son independientes, él cree que es imposible

estudiar las cosas por separado pero al mismo tiempo es necesario recortar en unidades que puedan dar sentido a los problemas de adquisición de conceptos; igualmente declara que el dominio de un campo conceptual no ocurre en algunos meses, ni tampoco en algunos años, sino que nuevos problemas y características deben ser estudiadas a lo largo de varios años para que los alumnos logren dominar progresivamente ese campo conceptual.

CONSIDERACIONES FINALES

Resulta evidente que la TCC, en tanto teoría cognitivista, permite estudiar procesos utilizados en el aula y promueve la búsqueda de estrategias didácticas para la enseñanza de la Física. Se establecen algunas premisas fundamentales como conclusiones de las evaluaciones realizadas:

- a) La TCC es útil para el estudio de las dificultades de los alumnos en el aprendizaje de conceptos físicos, en la resolución de problemas y en el cambio conceptual.
- b) Luego de identificar las dificultades, la TCC hace posible la planificación y selección de situaciones que ayuden en la progresiva superación de las mismas que no es más que el dominio progresivo de los campos conceptuales involucrados.
- c) La aplicación de los TCC es posible en los distintos niveles de enseñanza, puesto que el dominio de un campo conceptual se alcanza en una evolución en el tiempo y en consecuencia en el avance de un plan de estudios determinado.
- d) Es posible realizar investigaciones en enseñanza de la Física por distintos investigadores en diversos lugares del mundo, las que se complementan y aportan conclusiones que pueden ser utilizados en otras situaciones.
- e) El esfuerzo realizado plantea nuevas posibilidades de investigación puesto que en el campo conceptual de la Física, o de los distintos aspectos que la conforman, aún no han sido estudiados los procesos inherentes a su enseñanza y aprendizaje y a las dificultades que se presentan para ello.

REFERENCIAS

Caballero, C. (2005). La investigación desde la perspectiva de los campos conceptuales de Gerard Vergnaud. Resultados de investigaciones en Física. *Revista Educación y Pedagogía*. Medellín, Universidad de Antioquia, Facultad de Educación, Vol. XVII, núm. 43, (septiembre-diciembre). pp. 43 – 60.

- Castellanos, M. y Andrés, M. (2009). Desarrollo del concepto de campo magnético estacionario con simulaciones de fenómenos físicos. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona. pp. 2735 – 2739.
- Catalán, L., Caballero, S. y Moreira, M. A. (2010). Niveles de conceptualización en el campo conceptual de la inducción electromagnética. Un estudio de caso. *Lam. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 4, N° 1. pp. 126 – 142. Disponible en <http://www.journal.lapen.org.mx>. Consultado en noviembre 20 de 2011.
- Covaleda, R., Moreira, M. A. y Caballero, C. (2009). Los conceptos de sistema y equilibrio en el proceso de enseñanza/aprendizaje de la Mecánica y Termodinámica. Posibles invariantes operatorios. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol. 8, N°2. pp. 722 – 744. Consultado en noviembre 5 de 2011.
- Gowin, D. (1981). *Educating*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Gowin, D. y Álvarez, M. (2005). *The Art of Educating with V Diagrams*, Nueva York, Cambridge University Press.
- Krey, I. y Moreira, M. A. (2009). Implementación y evaluación de una propuesta de enseñanza para el tópico física de partículas en una disciplina de estructura de la materia basada en la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud. *Revista Electrónica de las Ciencias*. Vol. 8, N°3. pp. 812 – 833.
- Henríquez, Ll., Caballero, S. y Moreira, M. A. (2009). Conceptualización inicial de los conceptos de fuerza y energía. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 2598 – 2603.
- Meleán, R., Arrieta, X. y Escalona, M. (2010). Esquemas previos sobre dinámica bajo la teoría de los campos conceptuales. Consideraciones para el cambio. *Encuentro Educativo*. Vol. 17, N° 2. pp. 269 – 291.
- Morales, O. (2008). Fundamentos de la investigación documental y la monografía. SABER ULA. Disponible en www.saberula.ve/handle/123456789/16490. Consultado en enero 24 de 2011.
- Moreira, M. A. (2002). La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, la enseñanza de las ciencias y la investigación en el área. *Investigaciones en enseñanza de las ciencias*, 7 (1). pp. 1 – 28.
- Moreira, M.A. (2007). Diagramas y aprendizaje significativo. *Revista Chilena de Educación Científica*, Vol. 6, N° 2. pp. 1 – 13.
- Oliveira, G. de, Caballero, C. y Moreira, M. A. (2008). Avances y retrocesos de los alumnos en el campo conceptual de Termodinámica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 7, N° 1. pp. 23 – 46. Consultado en octubre 24 de 2011.
- Vergnaud, G. (1990). La Teoría de los Campos Conceptuales. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, Vol. 10, N° 2.3. pp. 133 – 170

Vergnaud, G. (2007). ¿En qué sentido la Teoría de los Campos Conceptuales puede ayudarnos para facilitar aprendizaje significativo? *Investigaciones em Ensino de Ciências*. V12 (2). pp. 285 – 302.