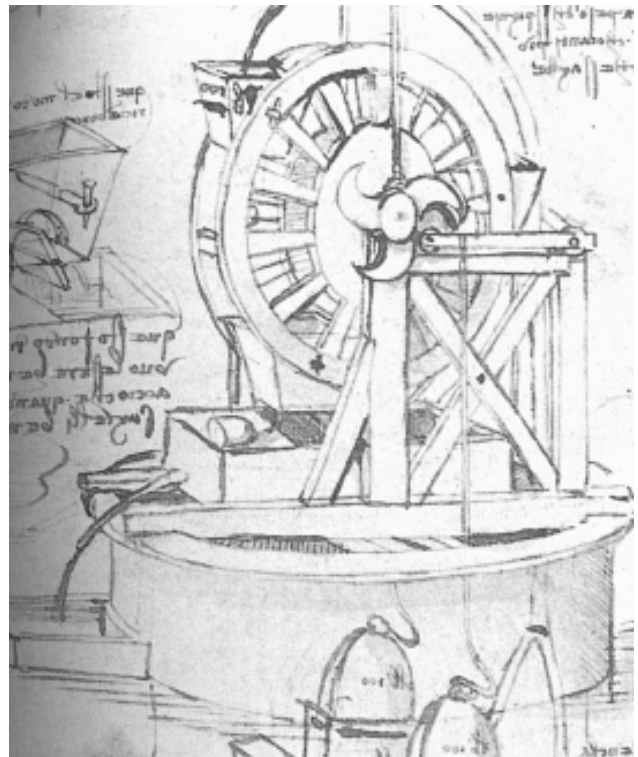


LA INVESTIGACIÓN EN ENSEÑANZA DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS CAMPOS CONCEPTUALES DE GÉRARD VERGNAUD. RESULTADOS DE INVESTIGACIONES EN FÍSICA

Concesa Caballero Sahelices



Leonardo da Vinci,
Bombas para subir agua.

RESUMEN

LA INVESTIGACIÓN EN ENSEÑANZA DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS CAMPOS CONCEPTUALES
DE GÉRARD VERGNAUD. RESULTADOS DE INVESTIGACIONES EN FÍSICA

En este trabajo se presentan resultados de investigaciones en física desde la perspectiva de la teoría de Gérard Vergnaud, que evidencian la potencialidad de este referente en investigación en enseñanza. Se presupone la investigación como un proceso de construcción de conocimiento y se valora el esquema de Gowin para analizar la estructura de significados en procesos de investigación.

RÉSUMÉ

LA RECHERCHE EN ENSEIGNEMENT D'APRÈS LES CHAMPS CONCEPTUELS DE GÉRARD VERGNAUD.
RÉSULTATS DES RECHERCHES EN PHYSIQUE

Dans ce travail on présente des résultats de recherches en physique dans la perspective de la théorie de Gérard Vergnaud, qui mettent en évidence le potentiel de ce référent dans la recherche en enseignement. On présuppose la recherche comme un processus de construction de connaissance et on met en valeur le schéma de Gowin pour analyser la structure de significations dans des processus de recherche.

ABSTRACT

TEACHING RESEARCH FROM THE PERSPECTIVE OF CONCEPTUAL FIELDS OF GÉRARD VERGNAUD.

In this paper are presented the results of investigations on physics from the perspective of the theory of Gérard Vergnaud, which made evident the potentiality of this parameter of research on teaching. Research is understood as a process of construction of knowledge and the Gowin scheme is rated to analyze the structure of meanings in research processes.

PALABRAS CLAVE

*Enseñanza de la física, enseñanza universitaria, investigación en la enseñanza, teoría de los campos conceptuales de Vergnaud
Teaching of physics, college teaching, research on teaching, theory of conceptual fields of Vergnaud.*

LA INVESTIGACIÓN EN ENSEÑANZA DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS CAMPOS CONCEPTUALES DE GÉRARD VERGNAUD. RESULTADOS DE INVESTIGACIONES EN FÍSICA



Concesa Caballero Sahelices*

INTRODUCCIÓN

Una de las inquietudes de los docentes es cómo hacer más eficaz el aprendizaje del conocimiento científico en los estudiantes, y lograr un desempeño cualificado en la diversidad de tareas que demanda la sociedad actual. Estamos embarcados, en la docencia universitaria, en un proyecto de convergencia europea que reclama nuevos perfiles docentes y diseños curriculares centrados en el aprendizaje de los estudiantes y en el desarrollo de competencias, como concepto central (Bernabeu, Martínez y Carrasco, 2004). Frente al reto de este nuevo horizonte, sentimos la necesidad de mirar hacia los planteamientos subyacentes, generadores del espacio europeo de educación superior, para una responsable y adecuada puesta en práctica de titulaciones universitarias, que contribuya a resultados alentadores en la enseñanza universitaria, en términos de calidad del aprendizaje.

Sin el ánimo de hacer un análisis valorativo del proyecto europeo, que no corresponde al cometido de este trabajo, tan sólo intentamos

resaltar la importancia de que cualquier innovación educativa tiene que estar apoyada en marcos teóricos justificativos del aprendizaje que promueve. Desde este punto de vista, creemos procedente formular algunas interrogantes, tales como: ¿qué referentes teóricos fundamentan el enfoque del aprendizaje centrado en el estudiante, a partir del diseño de proyectos de formación, para lograr las competencias que necesitará movilizar en un contexto social determinado? ¿Será más eficaz una contribución a la puesta en marcha del proyecto de convergencia, en términos indicativos de taxonomías de competencias, perfiles profesionales y métodos para diseñar proyectos de formación?

Estas referencias al futuro horizonte de la enseñanza universitaria pretenden reconocer la necesidad de cualificarla y, a la vez, hacer una llamada de atención para que las alternativas propuestas no queden reducidas solamente a cambios externos, sino que se apoyen en concepciones teóricas que den sentido a los procesos de aprendizaje que ocurren en los suje-

* Profesora del Departamento de Física, Universidad de Burgos, Burgos, España.
E-mail: concesa@ubu.es

tos, y que los nuevos diseños curriculares sean coherentes con dichos planteamientos.

Las propuestas educativas en el espacio europeo de educación superior, sugieren elementos y criterios para diseñar perfiles docentes universitarios. Pero nuestro interés en los procesos de investigación en enseñanza, nos lleva a considerar, además, las aportaciones de los resultados desde el campo de la investigación y la práctica docente. De nuevo se constata — tanto desde las voces de expertos profesionales, como por parte de los investigadores—, que, a pesar de los esfuerzos por renovar el modo de trabajar en el aula y de la permanente actualización de recursos, los logros en términos de aprendizaje permanecen poco alentadores. Por eso la inquietud manifestada anteriormente en relación con: ¿cómo desarrollar un programa estructurado sobre el aprendizaje de los estudiantes? Tal vez más que empeñarnos en conocer cómo aprenden los individuos, deberíamos ocuparnos en comprender cómo ocurre el desarrollo cognitivo de los estudiantes, a partir de referentes cognitivos que enfocan, interpretan y explican, desde diversas posturas, el aprendizaje (Moreira, 1983: 5).

Pero conocer esos procesos mentales en la construcción del conocimiento humano supone delimitar problemas y encontrar respuestas, es decir, realizar programas concretos de investigación y esto no es posible sin unos referentes teóricos que, en continua interacción con los procesos metodológicos, posibiliten el hallazgo de algunas soluciones a los problemas investigados. Sin olvidar que las teorías son acordes con las visiones epistemológicas subyacentes y el modo de hacer ciencia.

Entramos así en el punto crucial de nuestra reflexión, que es destacar la importancia y necesidad de analizar y comprender la estructura subyacente a los procesos que suceden en el aprendizaje conceptual de tópicos científicos y la producción de conocimiento en el transcurso de programas de investigación. Ahora bien, para el desempeño de estos pro-

gramas son imprescindibles unos referentes teóricos que expliquen e interpreten los resultados alcanzados en el aprendizaje y garanticen la calidad de los proyectos de investigación en términos del conocimiento generado. Del mismo modo, creemos que también las propuestas encaminadas a mejorar la calidad de la enseñanza deberían definir y exponer con claridad los enfoques teóricos que fundamentan los aprendizajes que persiguen, además de promover técnicas y métodos instruccionales.

La investigación en enseñanza, como ya hemos dicho, adquiere sentido en la medida en que intenta buscar respuestas a cuestiones concretas relacionadas con el aprendizaje y, a su vez, éste es fuente de interrogantes que generan procesos de construcción de nuevos significados. Además, los conocimientos teóricos específicos y los relativos a los procedimientos se construyen en una interacción permanente y, como veremos más adelante, es precisamente esta interacción lo que caracteriza la estructura de construcción de significados conceptuales (Gowin, 2005: 37).

Presentamos, desde esta perspectiva de la investigación, como proceso de progresiva producción de conocimiento, la necesidad de búsqueda permanente de referencias teóricas pertinentes. La *teoría de los campos conceptuales*, propuesta por Gérard Vergnaud (1990), se está constituyendo en un instrumento eficaz para abordar investigaciones en áreas científicas diferentes a su desarrollo inicial, en el campo de las matemáticas.

A continuación se muestran algunos resultados que evidencian la oportunidad de utilizar los enfoques teóricos de Vergnaud, en investigaciones sobre aprendizaje de conceptos científicos y resolución de problemas en física. Para la comprensión y análisis de los aportes de esta teoría y las conclusiones halladas en investigaciones, nos hemos apoyado en la herramienta heurística de Gowin (2005). Esperamos que estas reflexiones puedan contribuir, de algún modo, en el ámbito docente y la investigación en enseñanza de las ciencias.

UN PRESUPUESTO: LA INVESTIGACIÓN ENTENDIDA COMO PRODUCCIÓN DE CONOCIMIENTO

Cuando nos referimos a la producción de conocimiento en enseñanza, hay un aspecto inherente a la propia naturaleza de este área de investigación: su carácter dependiente de las decisiones de las personas, lo que posibilita una cierta capacidad para decidir sobre los acontecimientos seleccionados a investigar. De alguna manera, se podría argumentar que es una ciencia *centrada en los acontecimientos* (Novak y Gowin, 1988: 180).

El *proceso de investigación*, desde la perspectiva de Gowin (2005) —que asumimos en este trabajo—, se entiende como una estructura de significados. Un proceso de investigación se considera coherente, desde la visión de este

autor, cuando ha logrado crear una estructura de significados. También plantea que las acciones previstas durante el proceso, establecen conexiones específicas entre un determinado evento, los registros tomados de ese evento, las valoraciones hechas con base en esos registros o sus transformaciones, los conceptos que focalizan regularidades en el evento y los sistemas conceptuales, utilizados para interpretar el conocimiento generado y que permite algunas interpretaciones sobre el acontecimiento.

Para comprender los elementos que integran el proceso de investigación, propone una herramienta heurística que de modo esquemático permite visualizar la estructura de significados. Es conocida como *Ve de Gowin* y muestra la interacción entre todos los elementos constituyentes del proceso, adoptando, sin que esto sea esencial, una forma de V (véase figura 1).

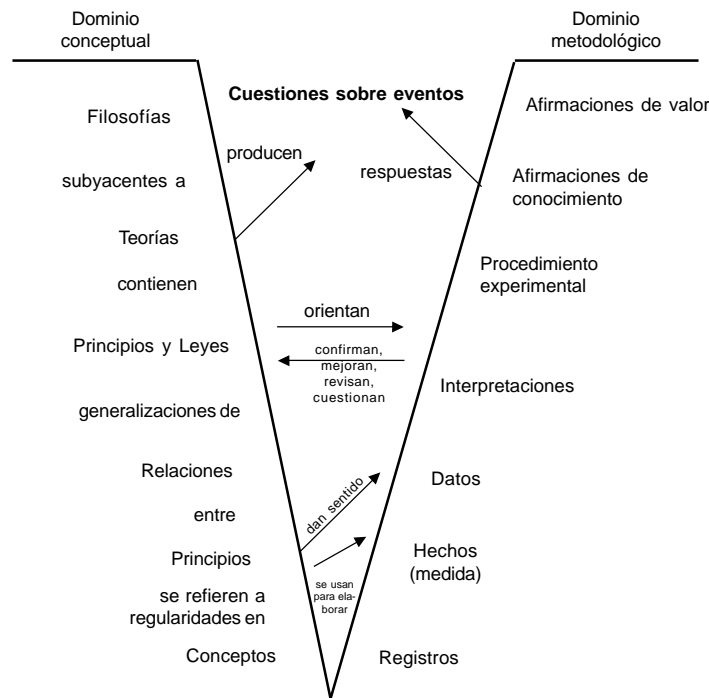


Figura 1. Esquema V de Gowin que muestra los elementos de la estructura de conocimiento y sus relaciones

Fuente: Moreira (1990).

El lado izquierdo identifica el *dominio teórico-conceptual*. En él se encuentran los conceptos clave y los sistemas conceptuales que conducen la investigación y que generan principios que, a la vez, dan origen a teorías enmarcadas en visiones epistemológicas determinadas. En la punta de la V se concreta el evento que, o bien acontece de modo natural, o es provocado por el investigador para conseguir registros que permitan explorar y analizar fenómenos delimitados en el evento. El lado derecho de la V hace referencia a los *aspectos metodológicos* seleccionados para desarrollar la investigación en coherencia, lógicamente, con los principios teóricos. En el centro de la V se coloca la cuestión o cuestiones centrales de la investigación, a las que se procura buscar respuestas que se comunican mediante afirmaciones de conocimiento.

La importancia de este instrumento radica en la interacción continua que necesariamente ocurre durante todo el proceso entre los marcos teórico-conceptuales y los procedimientos empleados en el desarrollo de la investigación. Es decir, en todo momento del proceso, las acciones son guiadas por los conceptos, teorías y epistemologías subyacentes. Al mismo tiempo, los conocimientos generados, fruto de respuestas a cuestiones formuladas en la investigación, pueden develar nuevos conceptos, teorías y filosofías; suscitar la necesidad de reformular otros ya existentes, y buscar nuevos referentes teóricos que interpreten, de modo más satisfactorio, los resultados de la investigación.

Si bien el instrumento de la V se puede utilizar con diversas finalidades, desde el interés que motiva estas reflexiones nos centramos esencialmente en su eficacia para analizar la estructura de producción de conocimiento en investigación, y para comprender la coherencia y calidad del conocimiento que se hace público a la comunidad científica en forma de artículos de investigación, libros, aportaciones en congresos o reuniones de investigadores.

LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO, UN PROCESO PROGRESIVO QUE ACONTECE EN EL TIEMPO

Hemos presentado, mediante la V de Gowin, la estructura de significados que identifica la coherencia de un proceso de investigación. También se ha presentado una idea esencial a la construcción de significados, como es la necesaria interacción entre los principios teóricos y los procedimientos metodológicos. Hay mutuas conexiones en el inicio, durante el proceso y al final de una investigación educativa; por tanto, se puede decir que ninguno de esos principios destaca en importancia frente al otro. El “pensar” y el “hacer” del investigador están entrelazados en la producción de conocimiento científico en un determinado contexto, como aparece reflejado en el esquema V de la figura 2.

Ponemos ahora la atención en otro aspecto del proceso de construcción de conocimiento que es su carácter progresivo (Caballero, 2003): ocurre a lo largo del tiempo, no es algo súbito, instantáneo. Y para evidenciar la progresividad del conocimiento generado en la investigación, vamos a servirnos de nuevo de la herramienta heurística de Gowin (2005). En efecto, el desarrollo de un programa de investigación conducente a generar conocimiento, requiere de referentes teóricos claramente definidos que fundamenten y sean conductores del proceso de investigación. Pero, a su vez, los resultados de las investigaciones pueden contribuir a una posible evolución de los conceptos, principios y teorías, o bien a su consiguiente reformulación. En el esquema propuesto por Novak y Gowin, (1988: 182), que se muestra en la figura 3, se presenta este proceso continuo de construcción del conocimiento donde se refleja, en la sucesión continua de las V, cómo un nuevo conocimiento puede generar nuevos conceptos, principios y teorías, o bien aportar modificaciones sobre

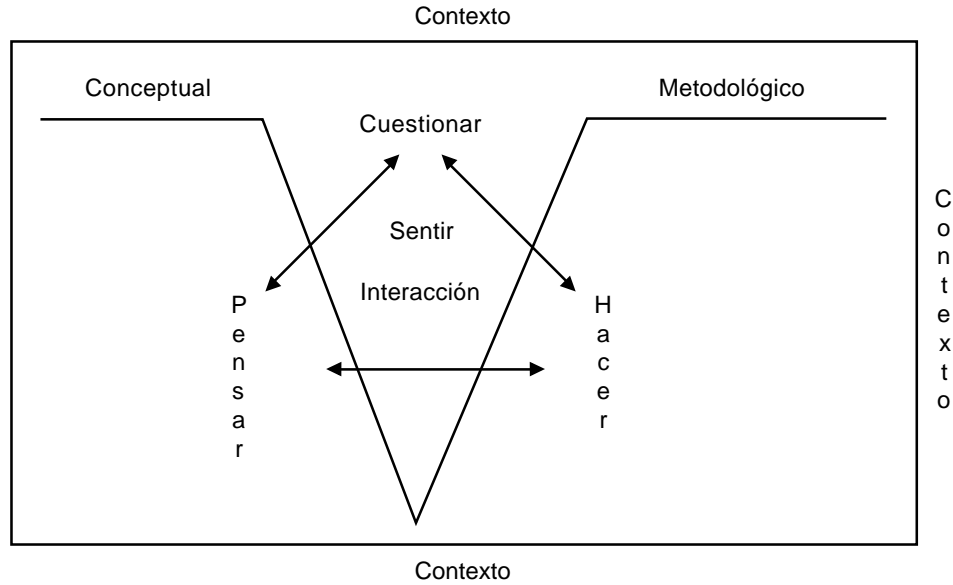


Figura 2. El “pensar” y “hacer” del investigador interactuando en todo momento del proceso en un contexto concreto.
 Fuente: Moreira (1993).

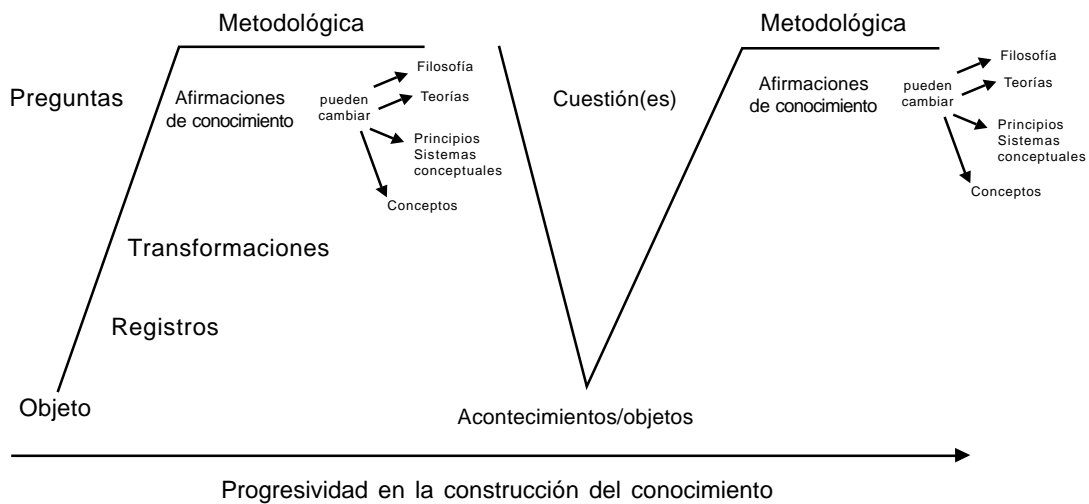


Figura 3. Proceso continuo de construcción de conocimiento.
 Fuente: Novak y Gowin (1988).

los marcos teóricos existentes, resultados que van a influir en posteriores investigaciones.

En resumen, se ha partido de una concepción de la investigación en enseñanza como generadora de conocimiento, y se ha insisti-

do en el valor de la herramienta epistemológica de Gowin para analizar la coherencia de los procesos, entendida como una estructura de significados en la que acontece una interconexión entre los elementos constituyentes. Sin embargo, dado que queremos aportar los

resultados de investigaciones en física, que revelan la potencialidad de la *teoría de los campos conceptuales* para desempeñar adecuadamente investigaciones en enseñanza, situamos ahora nuestro foco de atención en un primer momento, en los modelos y teorías, elementos que se encuentran localizados en el lado izquierdo de la V; obviamente, sin perder de vista que la selección de teorías en una investigación supone la concreción de los modos y procedimientos, para llegar a resultados pertinentes. A continuación se presentan, entonces, una breve revisión de los aspectos esenciales de la teoría psicológica cognitiva de Gérard Vergnaud y, por último, se analizan los resultados de investigaciones en física, guiados por los conceptos clave de este referente teórico. Para la comprensión y análisis de teorías y de conclusiones de investigaciones, se utiliza de nuevo la V de Gowin.

Con esta intención pasamos, en el siguiente apartado, a destacar el papel que desempeñan los referentes teóricos en investigación en enseñanza de las ciencias y, de este modo, nos sentimos apoyando la postura de voces que, desde diversos contextos, defienden que cualquier propuesta de investigación en enseñanza debe tener unos marcos teóricos y reclaman su formulación explícita, con mayor claridad, en las comunicaciones de resultados de investigaciones.

EL REFERENCIAL TEÓRICO- CONCEPTUAL EN LA INVESTIGACIÓN. INTERACCIONES DURANTE EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTO

Presentamos ahora el rol de los enfoques teóricos en el proceso de investigación. No pretendemos hacer una revisión de las diferentes aportaciones teóricas que han guiado las

investigaciones en enseñanza en los últimos años, sino que únicamente intentaremos resaltar su función ineludible y orientadora desde el inicio hasta el final del proceso de investigación.

El marco conceptual es inherente al propio proceso de investigación, como ya se ha expuesto reiteradamente, utilizando el instrumento heurístico de la V de Gowin. En definitiva, no se concibe una investigación conceptualmente neutra; por el contrario, ésta necesita de un conjunto coherente de presupuestos teóricos que direccionen los fenómenos educativos investigados. Los aspectos conceptuales de la investigación constituyen uno de los elementos esenciales de cualquier estrategia de investigación, junto con las visiones epistemológicas y la metodología utilizada en ella (Moreira, 1990: 44).

Al considerar los aspectos teórico-conceptuales del proceso de investigación, no se tienen en cuenta las evidentes diferencias sobre el modo como se entienden los modelos y teorías de acuerdo con los enfoques metodológicos adoptados. Más allá de las diferencias que, de principio, enfatizan los enfoques cualitativo o cuantitativo en la investigación, resaltamos la importancia que tienen los referenciales teóricos en cualquier investigación en enseñanza. No es posible desarrollar un proyecto de investigación sin el necesario bagaje teórico-conceptual.

A pesar de la importancia de los referentes teóricos, se percibe en las comunicaciones en revistas o contribuciones a congresos, una presencia más explícita al "hacer" que al "pensar" y, con cierta frecuencia, la parte conceptual de la investigación es simplemente ignorada, o se hace referencia a ella de modo implícito en las publicaciones. Tal vez en el momento de la formulación de cuestiones de investigación aparecen más alusiones o formulaciones explícitas al marco conceptual de la investigación y, sin embargo, no ocurre lo mismo cuando analizamos, de modo coherente, los resultados de la investigación.

En cualquier área de investigación, desde la concepción gowiniana, independientemente de su carácter predominante, cuantitativo o cualitativo, el dominio teórico-conceptual no puede estar ausente. Retomando de nuevo el instrumento epistemológico para analizar la estructura de producción de conocimiento, enfatizamos ciertas interacciones que acontecen con el dominio conceptual y cómo estas influyen en el proceso de construcción de significados, es decir, determinan que el resultado sea una investigación coherente. El marco teórico está presente, mejor aún, debería estar presente, en el momento inicial de un proceso de investigación, cuando formulamos las cuestiones o problemas de interés que van a ser investigados. Esta fase inicial requiere de los *conceptos*, que identifican ciertas propiedades, características y regularidades en los eventos que van a ser investigados. Con los conceptos se formulan los *principios* y, a partir de ellos, las *teorías*. Por tanto, no puede estar ausente la fundamentación teórica cuando destacamos la importancia y el interés que tiene el fenómeno que se plantea para ser investigado.

Los conceptos, principios y teorías están también presentes en la búsqueda de los *eventos* más adecuados para la investigación que deben ser observados, o bien aquellos que se debe hacer acontecer para estudiar el fenómeno de interés, que nos permita generar algún conocimiento en relación con el tema investigado. Por tanto, una interacción que destacamos, a partir del instrumento de Gowin, es cómo el marco teórico-conceptual debe fundamentar y justificar el planteamiento de los problemas y fenómenos, objeto de investigación y, además, determinar, para ese fenómeno, qué eventos deben ser observados o provocados para que ocurran.

Continuando la estructura de significados, encontramos una nueva evidencia de la interacción entre el dominio teórico y el metodológico. Una vez que tenemos identificado el fenómeno de interés y el evento o hecho sobre

el que vamos a realizar la investigación, el paso siguiente es definir el tipo de registros y sus posibles transformaciones. Y aquí también necesitamos un sustento teórico, es decir, recurrimos a conceptos, principios y teorías para guiar los registros y sus posibles transformaciones. El diseño de instrumentos para la recolección de datos de la investigación y sus posteriores transformaciones, son conducidos por teorías, aunque de modo diferente si la investigación tiene un enfoque cualitativo.

En el análisis de los resultados de la investigación, a partir de las transformaciones de los registros, nos encontramos también con la necesidad de una argumentación teórica para presentar las afirmaciones sobre el conocimiento evidenciado, producto emergente de la investigación y las posibles respuestas al fenómeno investigado. La coherencia de la investigación supone un contraste con los referentes teóricos que han conducido el proceso. Es el momento de poner de manifiesto en qué medida dichos referentes son adecuados para el fenómeno investigado, así como las limitaciones o vacíos constatados, que reclaman aportaciones complementarias desde otras visiones teóricas.

Sintetizando, desde la perspectiva del instrumento heurístico de Gowin, se ha explicitado cómo ocurre en los distintos momentos del proceso de investigación la interacción entre las dimensiones conceptual y metodológica, y ha quedado evidente el papel imprescindible que cumplen los marcos teóricos elegidos como referentes durante todo el proceso.

Estas reflexiones han generado algunos interrogantes en relación con el futuro y la consolidación de la investigación en enseñanza: ¿existen teorías sólidas con capacidad para soportar investigaciones en enseñanza? ¿Cómo hemos avanzado en la producción de conocimiento en investigación en enseñanza? ¿Qué dirección tienen los actuales horizontes teóricos que soportan la investigación educativa? ¿Qué teorías se van consolidando? ¿Qué ele-

mentos fuertes y débiles se configuran como resultado de las investigaciones? ¿Persisten las críticas desde otras áreas en relación con la débil fundamentación teórica? ¿Estamos consolidando el área de investigación en enseñanza?

Desde la responsabilidad y compromiso con el área de enseñanza, nos preguntamos: *¿cuál es la postura del investigador en enseñanza frente a los referenciales teóricos?* Para responder a las necesidades de la investigación, es aconsejable mantener una apertura a todas las aportaciones provenientes de las diferentes teorías, y a la vez, mantenerse con la capacidad crítica para contribuir al refinamiento y progresiva evolución en las orientaciones de los referenciales teóricos que permitan responder a los problemas de la investigación.

LA TEORÍA COGNITIVA DE LOS CAMPOS CONCEPTUALES DE GÈRARD VERGNAUD: POTENCIAL PARA DESARROLLAR INVESTIGACIONES EN CIENCIAS

En primer lugar, queremos aclarar que no se pretende hacer una descripción pormenorizada de esta teoría. Sólo presentaremos aquellas características y elementos que se consideran especialmente relevantes para analizar procesos cognitivos en situaciones de aprendizaje con cierto grado de complejidad; es decir, su valor como referente teórico para abordar investigaciones. Por tanto, daremos una visión de los conceptos clave y sus significados en el contexto de la propuesta inicial de Vergnaud, y luego presentaremos en qué medida las investigaciones realizadas consolidan esta teoría, en particular, para abordar problemas sobre el aprendizaje de conceptos y resolución de problemas en física.

Continuando con el horizonte del eje conductor de este trabajo, el análisis y la comprensión de los procesos de producción de cono-

cimiento en investigación, seguimos haciendo uso del esquema de significados de Gowin, para desentrañar los elementos que identifican la teoría de los campos conceptuales y su apoyo en investigaciones acerca de aprendizajes complejos durante el desempeño de acciones determinadas. Al final del apartado se presentan, mediante una V, los elementos esenciales de la teoría de Vergnaud. Pero antes, vamos a revisar, muy someramente, cuáles son esos elementos y qué significado les atribuye el propio autor.

UNA MIRADA A LA TEORÍA COGNITIVA DE LOS CAMPOS CONCEPTUALES DE GÈRARD VERGNAUD

La teoría de los campos conceptuales de Gèrard Vergnaud es una teoría cognitivista neopiagetiana, que pretende ofrecer un referencial más fructífero que el de Piaget para estudiar el desarrollo cognitivo y el aprendizaje de competencias complejas, en particular, aquellas que es necesario movilizar en los ámbitos relacionados con la ciencia y la tecnología. Además, toma en consideración los propios contenidos del conocimiento y el análisis conceptual de su dominio, hecho que no es considerado en la teoría piagetiana.

Vergnaud, discípulo de Piaget, amplía y reconduce, en su teoría, el foco piagetiano de las operaciones lógicas, de las estructuras generales de pensamiento, hacia el estudio del funcionamiento cognitivo del "sujeto-en-situación" (Vergnaud, 1994; Franchi, 1999). Según Vergnaud, el desarrollo cognitivo depende de las situaciones y de conceptualizaciones específicas necesarias para enfrentarlas; este hecho, sin embargo, no aparece considerado por Piaget. Éste tampoco tomó en consideración el hecho de que la complejidad conceptual, progresivamente dominada por las personas, no se puede reducir a algún tipo de complejidad lógica (Vergnaud, 1994). Si bien Vergnaud reconoce los logros alcanzados por la teoría de Piaget, justifica el acento especial en el desarrollo de operaciones lógicas, ya que

su trabajo se centró fuera del aula; sin embargo, cuando nos interesamos por conocer lo que ocurre dentro del aula, necesariamente tenemos que considerar el conocimiento (Vergnaud, 1996b). Para Vergnaud, son diferentes las dificultades que los estudiantes pueden encontrar en los diversos campos del conocimiento. Él dedicó parte de sus esfuerzos a estudiar las dificultades de los estudiantes en el campo de las matemáticas, relacionadas con las estructuras aditivas y multiplicativas.

Desde el punto de vista de la didáctica de las ciencias y de las matemáticas, Vergnaud atribuye gran importancia a ideas clave de la teoría piagetiana, como son los conceptos *adaptación*, *desequilibración* y *reequilibración*. Más aún, reconoce que el elemento central en la teoría de Piaget es el concepto *esquema* (Vergnaud, 1996c). Más adelante presentamos el significado de este concepto, y su importancia en el marco de la teoría de Vergnaud.

En el desarrollo de la teoría de los campos conceptuales, el mismo Vergnaud reconoce también la influencia que la teoría de Vygotsky ha tenido en sus propuestas. En efecto, apreciamos la importancia de la interacción social, el lenguaje y la simbolización en el progresivo dominio de un campo conceptual por los estudiantes. Para el profesor, la tarea más difícil es la de hacer propuestas de actividades a sus alumnos para que éstos desarrollen esquemas en la zona de desarrollo próxima (Vergnaud, 1998).

Vergnaud parte de la premisa de que el conocimiento está organizado en *campos conceptuales* cuyo dominio, por parte de los sujetos, acontece a lo largo de un período de tiempo, a través de la experiencia, madurez y aprendizaje. Entiende el campo conceptual como

[...] un conjunto informal y heterogéneo de problemas, situaciones, conceptos, relaciones, estructuras, contenidos y operaciones de pensamiento, conectados unos a otros y, probablemente, entrela-

zados durante el proceso de adquisición (Vergnaud, 1982: 40).

Pero sucede que el dominio de un campo conceptual es un proceso progresivo a lo largo de los años. Así, en este dilatado tiempo, el estudiante necesita enfrentarse con nuevos problemas y dificultades hasta llegar a dominarlos. Las dificultades se superan en la medida en que el estudiante se enfrenta para buscar respuestas y esto, lógicamente, demanda tiempo para que se produzca.

La teoría de los campos conceptuales supone que el centro del desarrollo cognitivo es la *conceptualización* (Vergnaud, 1996a: 118). Ésta se considera *la piedra angular de la cognición* (Vergnaud, 1998: 173). Después, su teoría presta especial atención a los aspectos conceptuales de los esquemas y al análisis conceptual de las situaciones para las que los estudiantes necesitan desarrollar sus esquemas, tanto en el ámbito de docencia institucionalizada como en el contexto donde se desenvuelve su vida cotidiana.

No es, por tanto, una teoría de enseñanza de conceptos explícitos y formalizados. Se trata de

[...] una teoría psicológica del proceso de conceptualización de lo real, que permite localizar y estudiar continuidades y rupturas entre conocimientos desde el punto de vista de su contenido conceptual (Vergnaud, 1990: 133).

En el estudio de este proceso, cualquier reduccionismo es peligroso, en la medida en que

[...] la conceptualización de lo real es específica del contenido y no puede ser reducida ni a las operaciones lógicas generales, ni a operaciones puramente lingüísticas, ni a reproducción social, ni a emergencia de estructuras innatas, ni en fin, al modelo del procesamiento de la información (Vergnaud, 1983a: 392).

Así, pues, la teoría de los campos conceptuales es una teoría compleja, ya que envuelve la complejidad inherente a la necesidad de abarcar, desde una misma perspectiva teórica, todo el desarrollo de situaciones progresivamente dominadas, los conceptos y teoremas necesarios para operar eficientemente en las situaciones, y las palabras y símbolos utilizados para representar eficazmente esos conceptos, de acuerdo con el desarrollo cognitivo del individuo (Vergnaud, 1994).

Inicialmente, Vergnaud desarrolló su teoría en el campo conceptual de las estructuras aditivas y multiplicativas (Vergnaud, 1983b). Sin embargo, su aplicabilidad no está restringida al ámbito de las matemáticas y hay evidencias de investigaciones, como lo mostramos luego, que consolidan la oportunidad de encontrar una perspectiva más amplia para analizar el desarrollo cognitivo durante el aprendizaje, en campos como la física, la biología, etc. La teoría cognitiva de Vergnaud es adecuada para explicar y analizar aprendizajes en situaciones complejas; en cualquiera de los campos indicados, el modelo piagetiano de asimilación / acomodación podría ser útil, siempre que no se intente reducir la adaptación de esquemas y conceptos a estructuras lógicas (Palmero y Moreira, 2004).

Hemos pasado, muy someramente, por algunos de los aspectos esenciales de la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, que la hacen especialmente idónea para conducir investigaciones en el área de ciencias y, a su vez, permiten descubrir la enorme utilidad de sus presupuestos para reorientar la planificación de tareas docentes, impulsoras del desarrollo de esquemas cognitivos en los estudiantes. De modo especial hemos intentado resaltar el enfoque cognitivista de esta teoría y, desde esa perspectiva, su capacidad para explicar y analizar cómo ocurre el desarrollo cognitivo de los estudiantes durante la realización de tareas concretas. Se sitúan los orígenes de su desarrollo y las contribuciones de Piaget y Vygotsky, pero marcando los significados con los que han sido incorporados a la teoría de Vergnaud; de nuevo, este hecho

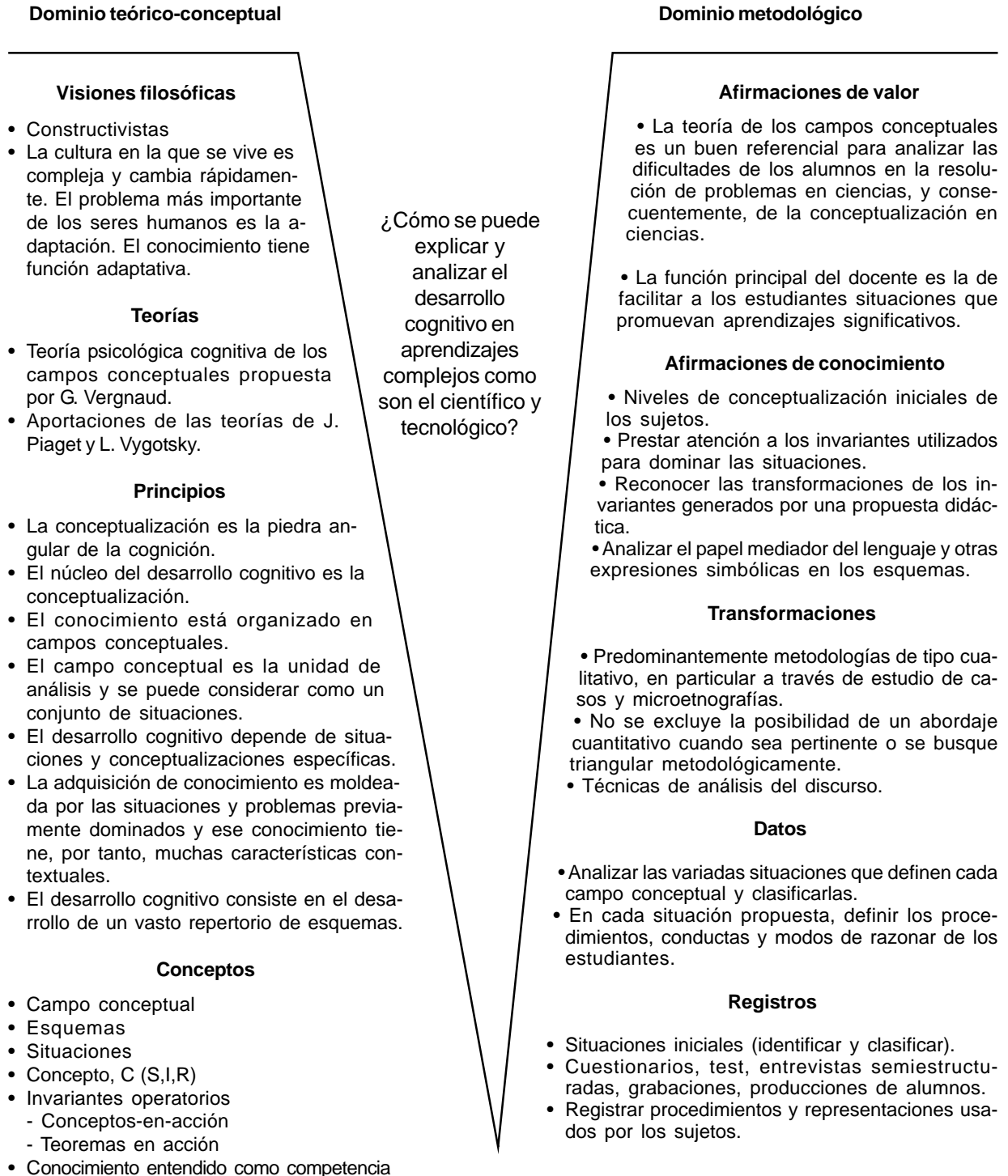
refleja cómo los resultados de investigaciones llevan a reformulaciones, ampliaciones y nuevas búsquedas en los referentes teóricos. Veamos a continuación, siguiendo el esquema de la V de Gowin para el análisis de los procesos de construcción de significados, qué elementos definen el dominio teórico-conceptual de la teoría de Vergnaud (véase figura 4).

RESULTADOS DE ALGUNAS INVESTIGACIONES EN FÍSICA DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS CAMPOS CONCEPTUALES DE VERGNAUD

Se exponen, a continuación, los aportes de investigaciones recientes sobre aprendizaje de conceptos y resolución de problemas en física. De cada uno de ellos se ha construido un esquema del proceso de investigación, utilizando la V de Gowin. De modo conclusivo, al final se presenta el conocimiento generado en estos trabajos de investigación y cómo han encontrado pertinente, para sus intereses, la contribución del marco teórico de los campos conceptuales. Se han seleccionado trabajos en el área de física, publicados en revistas especializadas en el área, en los tres últimos años.

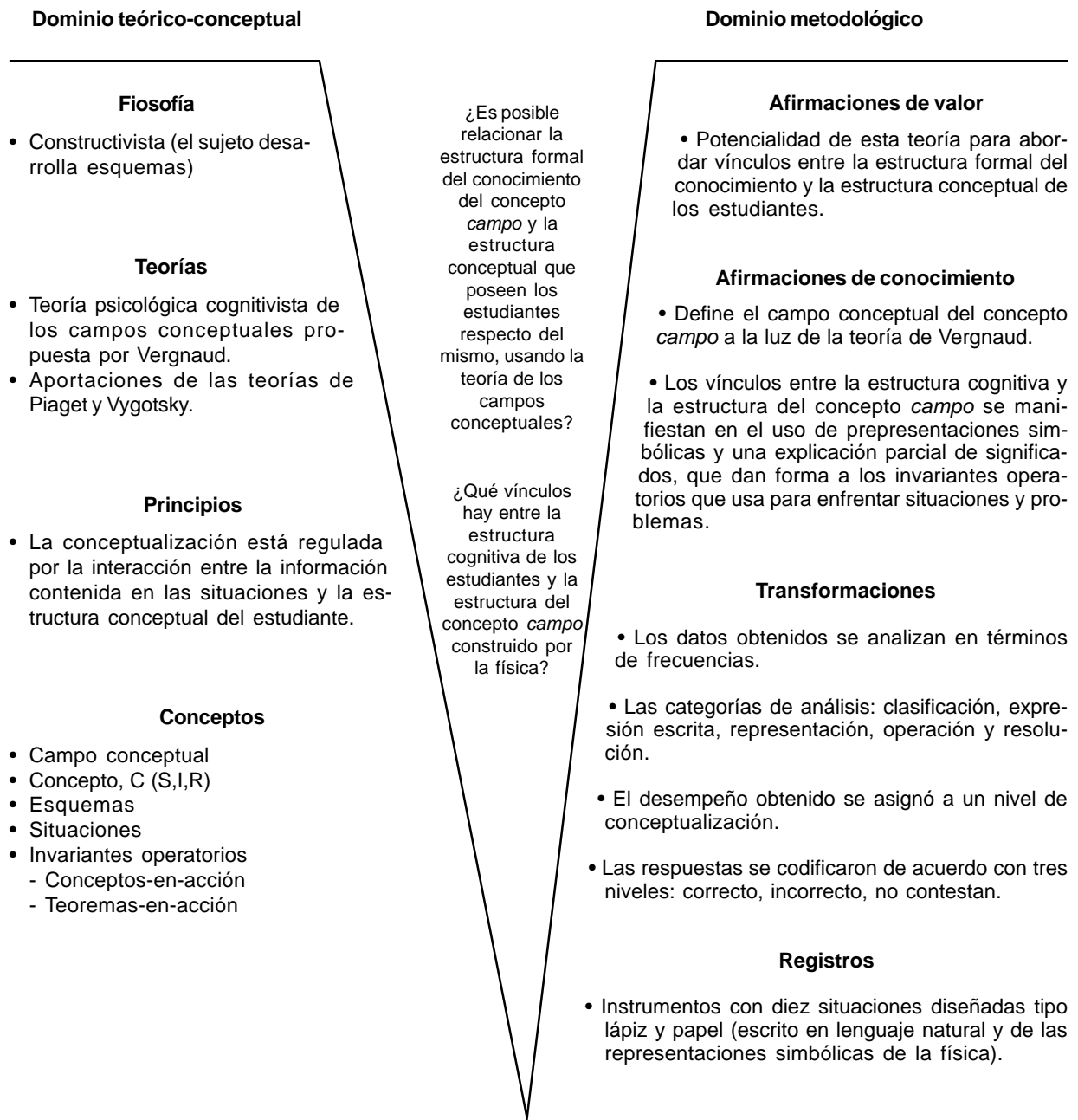
1. "El aprendizaje del concepto de campo en física: una exploración a la luz de la teoría de Vergnaud" (Llancaqueo, Caballero y Moreira, 2003).

En este trabajo se presentan resultados de una investigación sobre el concepto *campo*. El propósito de los autores fue explorar los posibles vínculos entre la estructura cognitiva de los estudiantes y la estructura del concepto mismo construido por la física, y describir niveles de conceptualización del mismo concepto. Se muestra, en la figura 5, la estructura del proceso seguido en la investigación, así como las aportaciones conclusivas.



Documentos del propio autor y reflexiones de investigadores sobre su potencial como referente teórico en la enseñanza y la investigación en ciencias.

Figura 4. La teoría de Vergnaud desde la perspectiva del esquema V de Gowin.



Alumnos de enseñanza media: 48,
y primer curso de universidad: 7.
Burgos, España

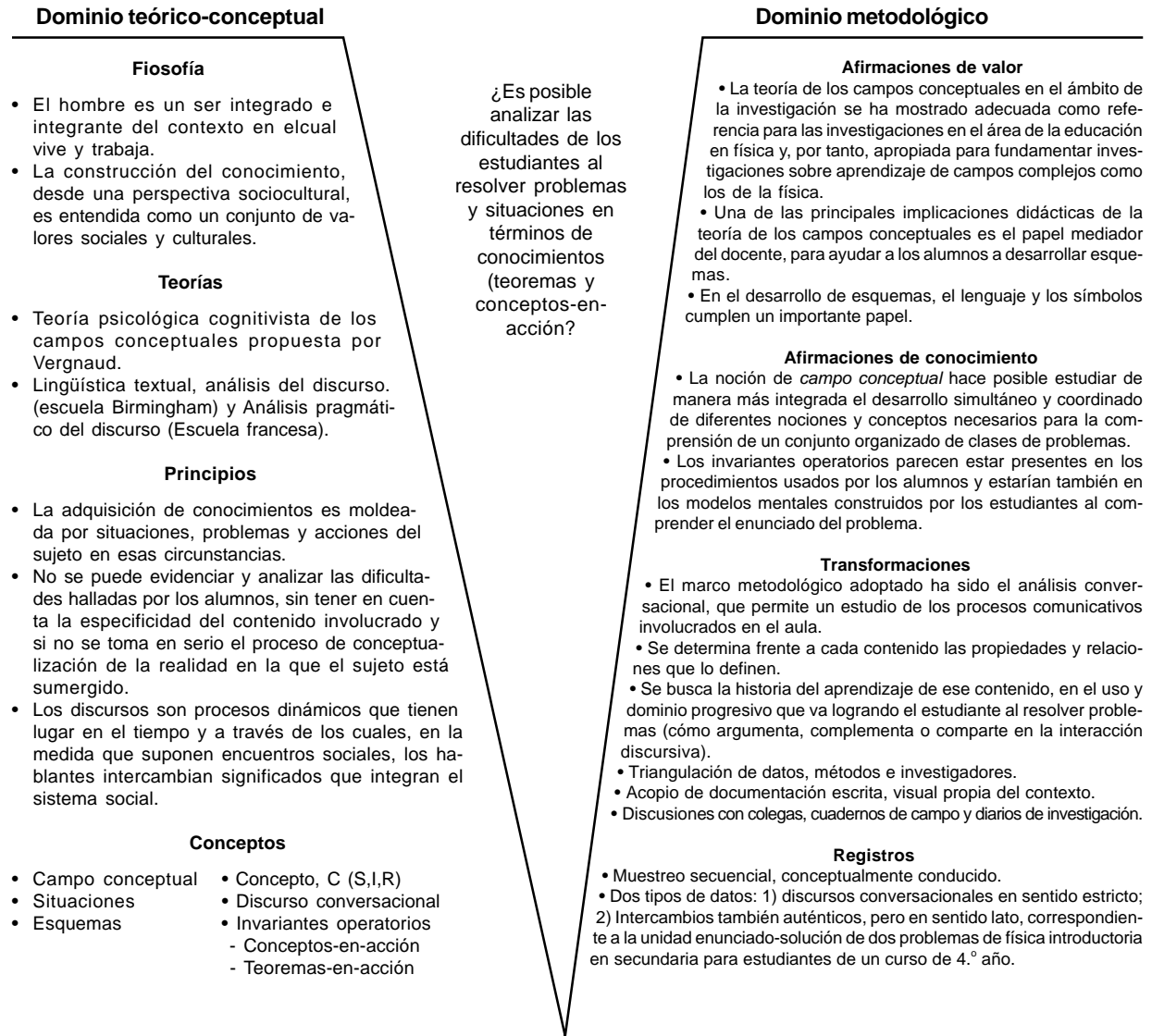
Figura 5. Representación, en la V de Gowin, de la investigación de Llancaqueo, Caballero y Moreira (2003).

2. "Teoremas-en-acción y conceptos-en-acción en clases de física introductoria en secundaria" (Escudero, Moreira y Caballero, 2003).

En este trabajo se analiza, en términos de conocimientos-en-acción, algunas dificultades de los estudiantes al resolver proble-

mas y situaciones. Se pretende investigar la resolución de problemas en una forma compatible con la teoría de los campos conceptuales (véase figura 6).

3. "Una interpretación de las opiniones de ingresantes a la universidad sobre la no-



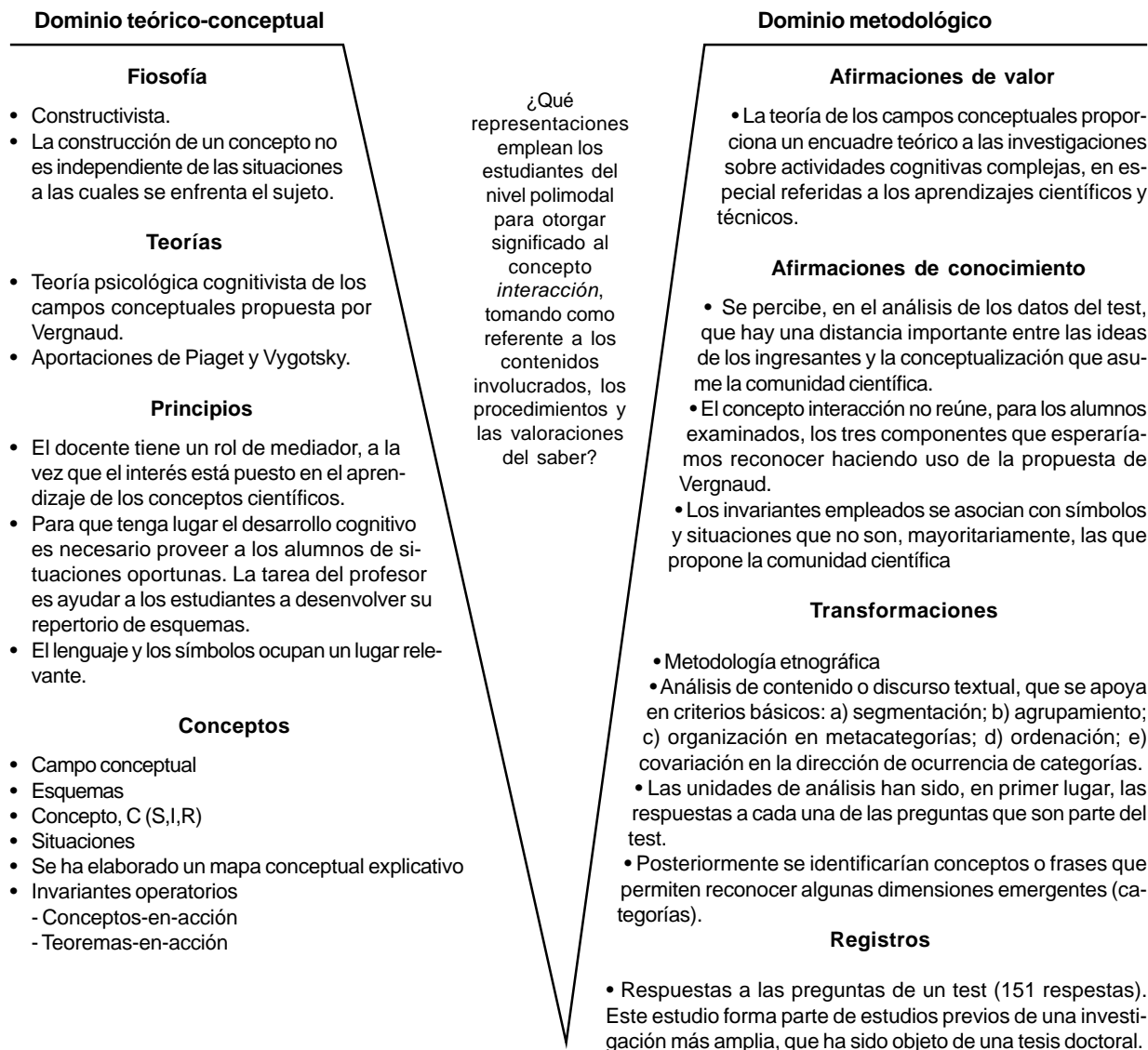
Alumnos cuarto curso (edades entre 15 y 17 años).
 Secuencia del programa de física. Colegio del Gran San Juan (Argentina).

Figura 6. Representación, en la V de Gowin, de la investigación de Escudero, Moreira y Caballero (2003).

ción de interacción” (Stipcich, Moreira y Caballero, 2004).

Esta investigación, de carácter etnográfico, busca comprender los modos de representación y significados que los sujetos atribuyen al concepto *interacción* en física, con

la finalidad de elaborar una propuesta didáctica facilitadora de la progresiva conceptualización de tal noción. En la figura 7 se presentan la estructura de conocimiento y los resultados de esta investigación sobre el aprendizaje de ese concepto.



Alumnos del curso nivelatorio previo al ingreso. Facultad Ciencias Exactas, Universidad Nacional, Centro Tandil, Buenos Aires, Argentina

Figura 7. Una interpretación de las opiniones de ingresantes a la universidad sobre la noción de interacción, investigación de Stipcich, Moreira y Caballero (2004).

4. “Los significados de los conceptos de sistema y equilibrio en el aprendizaje de la mecánica. Estudio exploratorio con estudiantes universitarios” (Covaleda, Moreira y Caballero, 2005).

En esta investigación se caracterizan las representaciones que utilizan los estudiantes para dar significado a los conceptos *sistema* y *equilibrio* en el aprendizaje de la mecánica y la termodinámica. Además, se investiga el papel que desempeñan dichos conceptos en el proceso de enseñanza y cómo inciden en el aprendizaje. Por último, se analiza la estructura del proceso de investigación sobre el aprendizaje de tales conceptos, y su relación con el conocimiento previo sobre ellos (véase figura 8).

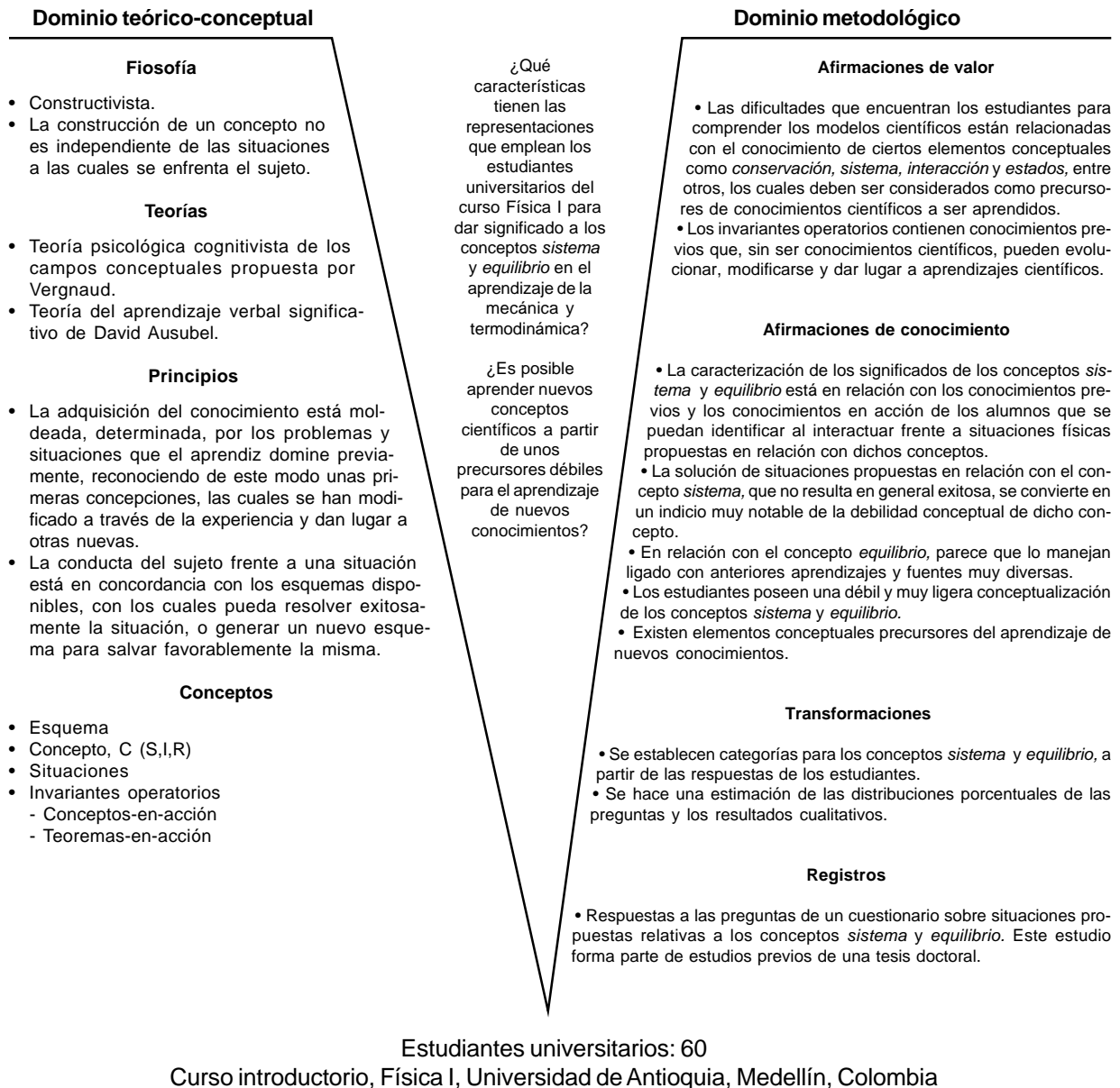


Figura 8. Representación, en la V de Gowin, de la investigación de Covaleda, Moreira y Caballero (2005).

CONCLUSIONES

A partir de una concepción de investigación, entendida como producción de conocimiento, se ha procurado presentar de manera concisa la finalidad ineludible que tiene el campo teórico-conceptual en la investigación en enseñanza. En particular, se ha presentado, desde la propia experiencia, la potencialidad de la teoría cognitiva de los campos conceptuales de Vergnaud para desarrollar investigaciones sobre aprendizajes conceptuales complejos. Por último, se aportan algunos resultados de investigaciones en física, desde la perspectiva de los campos conceptuales. Para comprender y analizar la estructura de significados en los procesos de investigación, se considera válida la *V* epistemológica de Gowin.

De todo lo expuesto, destacamos algunas consideraciones, a modo de conclusiones:

- La investigación en educación se entiende como un proceso progresivo de construcción de significados.
- El referencial teórico es inherente a cualquier proceso de investigación y a lo largo de todo el proceso se da una interacción entre los elementos del dominio conceptual y metodológico.
- Para comprender y analizar las estructuras que integran dichos procesos, consideramos que sigue siendo pertinente el uso de la herramienta heurística de Gowin.
- La teoría psicológica cognitiva de los campos conceptuales, propuesta por Gérard Vergnaud, es un referente adecuado para desarrollar investigaciones de aprendizajes conceptuales complejos científicos y tecnológicos.

Las investigaciones sobre aprendizaje de conceptos y resolución de problemas en física, analizadas en el marco de la teoría de los campos conceptuales, parecen evidenciar la potencialidad de esta teoría para planear inves-

tigaciones en física. Se señalan las siguientes características de este referencial teórico:

- Que tiene potencialidad para abordar posibles vínculos entre la estructura formal del conocimiento y la estructura conceptual de los estudiantes.
- Que es adecuada para plantear y realizar investigaciones en enseñanza en física y, por tanto, apropiada para fundamentar investigaciones sobre aprendizajes complejos, como son los de *interacción, campo, sistema y equilibrio*.
- Que una de sus principales implicaciones didácticas es el papel mediador del docente, que se infiere de sus presupuestos, y que tiene como finalidad favorecer en los estudiantes el desarrollo de esquemas.
- Que el lenguaje y los símbolos cumplen un importante papel en el desarrollo de los esquemas.
- Que proporciona un encuadre teórico a las investigaciones sobre actividades cognitivas complejas, en especial las referidas a los aprendizajes científicos y técnicos.
- Que las dificultades de los estudiantes para comprender determinados modelos científicos están relacionadas con el conocimiento de ciertos elementos conceptuales, como *conservación, sistema, interacción y estados*, entre otros, que son considerados precursores de conocimientos científicos a ser aprendidos.
- Que los invariantes operatorios contienen conocimientos previos, que sin ser conocimientos científicos, pueden evolucionar, modificarse y dar lugar a aprendizajes científicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNABEU, G.; MARTÍNEZ, M. A., y CARRASCO, V., 2004, "La planificación del cambio docente en el espacio europeo de educación

superior. Redes de investigación en docencia universitaria ECTS de la Universidad de Alicante”, *Revista de la Red Estatal de Docencia Universitaria*, vol. 4, núm. 1.

CABALLERO, M. C., 2003, “La progresividad del aprendizaje significativo de conceptos”, *Textos de apoyo del programa internacional de doctorado en enseñanza de las ciencias de la Universidad de Burgos/UFRGS*, Actas del PIDECA, vol. 5, pp. 137-154.

COVALEDA, R.; MOREIRA, M. A. y CABALLERO, M. C., 2005, “Los significados de los conceptos de sistema y equilibrio en el aprendizaje de la mecánica. Estudio exploratorio con estudiantes universitarios”, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 4, núm. 1.

ESCUADERO, C.; MOREIRA, M. A. y CABALLERO, M. C., 2003, “Teoremas-en-acción y conceptos-en-acción en clases de física introductoria en secundaria”, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 2, núm. 3.

FRANCHI, A., 1999, “Considerações sobre a teoria dos campos conceituais”, en: ALCÁNTARA MACHADO, S. D. et al., *Educação Matemática: uma introdução*, São Paulo, EDU, pp. 155-195.

GOWIN, D. B., 2005, *The Art of Educating with V Diagrams*, Nueva York, Cambridge University Press.

LLANCAQUEO, A.; CABALLERO, M. C. y MOREIRA, M. A., 2003, “El aprendizaje del concepto de campo en física: una investigación exploratoria a luz de la teoría de Vergnaud”, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 25, núm. 4, pp. 399-417.

MOREIRA, M. A., 1983, *Ensino e aprendizagem. Enfoques teóricos*, São Paulo, Moraes.

_____, 1990, *Pesquisa em ensino: O Vê epistemológico de Gowin*, São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária.

NOVAK, J. D. y GOWIN, D. B., 1988, *Aprendiendo a aprender*, Barcelona, Martínez Roca.

PALMERO, M. L. R. y MOREIRA, M. A., 2004, “La teoría de los campos conceptuales de Gérard Vergnaud”, en: MOREIRA, M. A., *La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, la enseñanza de las ciencias y la investigación en el área*, Porto Alegre, Instituto de Física, Universidad Federal Río Grande do Sul.

STIPCICH, M. S.; MOREIRA, M. A. y CABALLERO, M. C., 2004, “Una interpretación de las opiniones de ingresantes a la universidad sobre la noción de interacción”, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 3, núm. 1.

VERGNAUD, G., 1982, “A Classification of Cognitive Tasks and Operations of Thought involved in Addition and Subtraction Problems”, en: CARPENTER, T.; MOSER, J. y ROMBERG, T., *Addition and Subtraction. A Cognitive Perspective*, Hillsdale, N. J., Lawrence Erlbaum, pp. 39-59.

_____, 1983a, “Quelques problèmes théoriques de la didactique a propos d’un exemple: les structures additives”, *Atelier International d’Eté: recherche en Didactique de la Physique*, La Londe les Maures, France, 26 de jun.-13 de jul.

_____, 1983b, “Multiplicative Structures”, en: LESH, R. y LANDAU, M., eds., *Acquisition of Mathematics Concepts and Processes*, Nueva York, Academic Press Inc., pp. 127-174.

_____, 1988, “Multiplicative Structures”, en: HIEBERT, H. y BERH, M., eds., *Research Agenda in Mathematic Education. Number Concepts and Operations in the Middle Grades*, Hillsdale, N. J., Lawrence Erlbaum, pp. 141-161.

_____, 1990, “La théorie des champs conceptuels”, *Récherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 10, núm. 23, pp. 133-170.

_____, 1994, "Multiplicative Conceptual Field: What and why?", en: GUERSHON, H. y CONFREY, J., eds, *The Development of Multiplicative Reasoning in the Learning of Mathematics*, Albany, N.Y., State University of New York Press, pp. 41-59.

_____, 1996a, "Education: the best part of Piaget's heritage", *Swiss Journal of Psychology*, vol. 55, núms. 2-3, pp. 112-118.

_____, 1996b, "A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos", *Revista do GEMPA*, Porto Alegre, núm. 4, pp. 9-19.

_____, 1996c, "Algunas ideas fundamentales de Piaget en torno a la didáctica", *Perspectivas*, vol., 26, núm. 10, pp. 195-207.

_____, 1998, "A comprehensive theory of representation for mathematics education", *Journal of Mathematical Behavior*, vol. 17, núm. 2, pp. 167-181.

REFERENCIA

CABALLERO SAHELICES, Concesa, "La investigación en enseñanza desde la perspectiva de los campos conceptuales de Gérard Vergnaud. Resultados de investigaciones en física", *Revista Educación y Pedagogía*, Medellín, Universidad de Antioquia, Facultad de Educación, vol. XVII, núm. 43, (septiembre-diciembre), 2005, pp. 43-60.

Original recibido: septiembre 2005

Aceptado: noviembre 2005

Se autoriza la reproducción del artículo citando la fuente y los créditos de los autores.