

El concepto de campo en el aprendizaje de la Física y en la investigación en educación en ciencias

Alfonso Llancaqueo¹, M^a Concesa Caballero² y Marco Antonio Moreira³

¹Departamento de Ciencias Físicas, Universidad de La Frontera, Chile, E-mail: allanca@ufro.cl. ²Departamento de Física, Universidad de Burgos, España. E-mail: concesa@ubu.es. ³Instituto de Física, UFRGS, Brasil. E-mail: moreira@if.ufrgs.br.

Resumen: Se presenta una revisión bibliográfica de resultados de investigaciones en educación en ciencias, sobre el aprendizaje y enseñanza del concepto de campo en Física. La revisión es parte integrante de un proyecto de investigación con interés en el aprendizaje del concepto de campo como un concepto fundamental y clave de la Física clásica y contemporánea para una comprensión del mundo físico y la naturaleza. La búsqueda bibliográfica se realiza independientemente de un dominio concreto de la Física y el análisis de las investigaciones revisadas se organiza en torno a los objetivos de estudio, diseño, enfoques y relevancia dada al concepto de campo. Se comentan los resultados y conclusiones de las investigaciones revisadas y observa la necesidad de explorar un referencial teórico cognitivo que permita abordar los vínculos entre la estructura formal del conocimiento del concepto de campo construido por la Física como un concepto fundamental y clave para una comprensión del mundo físico y la estructura conceptual que poseen los estudiantes. A modo de conclusión, se propone explorar como referente la teoría de campos conceptuales de Vergnaud señalándose sus principales características e implicaciones para investigaciones futuras sobre el aprendizaje del concepto de campo.

Palabras-clave: concepto de campo en Física, aprendizaje de conceptos, campos conceptuales de Vergnaud.

Title: The concept of field in physics learning and in research in science education.

Abstract: A bibliographic review of research findings in several studies in science education is presented. The aim of this work is to understand the learning and teaching processes of the "field" concept in physics. This review comes from a larger research project with focus on the learning of this concept as a key concept in classical and modern physics for the understanding of nature and the physics world. Our bibliographic search was carried out independently of a specific domain in physics. The analysis of the reviewed papers was categorised according to their reason for study, their design, their approach, and their relevance regarding the concept of field. Initially, the findings and conclusions are commented in a preliminary way. We noticed the absence of a proper theoretical cognitive framework which could help us in searching answers to some basic questions on the learning of scientific concepts. We hope this work will draw attention to the need of articulating the complexity and extent of the meanings of the "field"

concept, the student's cognitive development, and the process of knowledge assimilation in a suitable way. As a conclusion, we propose the use of Vergnaud's theory of conceptual fields to overcome this theoretical insufficiency, and we emphasize as well its main features and implications for further research in the teaching and learning of the "field" concept.

Key-words: field concept in Physics, concept learning, Vergnaud's conceptual fields.

Introducción

El concepto de campo es fundamental en Física por cruzar amplios dominios de la disciplina. Se ancla en el concepto matemático de función y usa para describir el comportamiento de toda magnitud física definida en cada punto de una región del espacio y del tiempo, es decir, un campo representa una cantidad medible y variable que depende de dónde y cuándo se haya hecho la medida. En Física clásica, el concepto de campo es fundamental para describir y explicar fenómenos como los electromagnéticos, gravitacionales, de fluidos y de transporte. En la Física contemporánea es central en las teorías de partículas elementales que buscan la elaboración de modelos que expliquen en una teoría unificada las fuerzas básicas de la naturaleza (Feynman, 1985) y en la teoría de la relatividad general el concepto de campo (Einstein, 1995) es el elemento conceptual clave que describe lo físicamente real con la inclusión de la estructura del espacio-tiempo, o sea un campo son ciertas cualidades físicas de los puntos del espacio y el tiempo (Pauli, 1996).

Desde una perspectiva histórica de la Física, el concepto de campo surge en el siglo XIX, como una búsqueda de explicación de los fenómenos electromagnéticos. Aunque existía una formulación de la teoría gravitacional en términos de campo gravitacional y potencial, desarrollada principalmente por Laplace y Poisson ya a fines del siglo XVIII, ésta parecía más bien un "dispositivo matemático" que una formulación que permitiese profundizar conceptos físicos (Slater y Frank, 1947). Así, se puede afirmar que Faraday, fue el iniciador de un abordaje teórico verdaderamente alternativo basado en el concepto de campo, que rechazaba la idea de acción a distancia para abordar las fuerzas electromagnéticas. Sin embargo, fue Maxwell en 1855, quién decidió dar un cuerpo matemático a las concepciones de Faraday, elaborando un programa de investigación basado en este supuesto ontológico nuevo: una acción física, en particular la electromagnética, se transmite continuamente por el espacio y tiempo mediatizada por el campo, y no se ejerce a distancia según era el supuesto ontológico de la teoría de la mecánica de Newton que dominaba la imagen de naturaleza de esa época (Berkson, 1981; Harman, 1990).

Para construir una teoría basada en tales supuestos, Maxwell desarrolla y consolida un importante movimiento metodológico y una actitud epistemológica para la investigación en Física basado en el uso conjunto de tres métodos, la analogía entre dominios de la Física, el método hipotético deductivo y el analítico. Maxwell culmina sus investigaciones en 1868 introduciendo la teoría de los campos eléctricos y magnéticos sintetizada en cuatro ecuaciones para dichos campos, constituyéndose así en la primera

teoría donde la idea de campo adquiere significación física. Esta teoría se funda en la afirmación que una carga eléctrica está rodeada por un campo eléctrico que se extiende hasta el infinito, y que el movimiento de una carga eléctrica da origen a un campo magnético que también tiene un alcance infinito. Ambos campos son magnitudes vectoriales definidas en cada punto del espacio y el tiempo.

La teoría de Maxwell fue construida sobre las ideas de espacio y tiempo de la mecánica clásica que describe la interacción entre partículas materiales mediante el concepto de fuerza o de una energía potencial de interacción que aparece como una función de las coordenadas espaciales de las partículas que interactúan y supone una propagación instantánea de las mismas. Las fuerzas entre partículas dependen sólo de las posiciones de las partículas en un instante de tiempo, de modo que un cambio en la posición de cualquier partícula en interacción afecta inmediatamente a las otras partículas. Sin embargo, el propio Maxwell encuentra que en el caso de las interacciones electromagnéticas existe una velocidad límite para su propagación, la velocidad de la luz. Por lo tanto, una mecánica basada en el supuesto de la propagación instantánea de las interacciones parecía no ser del todo correcta.

En la teoría de la relatividad, por el contrario, se parte de la idea que si en un cuerpo en interacción ocurre un cambio, éste influirá sobre los otros cuerpos después de transcurrido un intervalo de tiempo. Esto implica que existe una *velocidad de propagación de la interacción* que determina el tiempo que transcurre desde el momento en que un cuerpo experimenta un cambio y comienza a manifestarse en otro (Landau y Lifshitz, 1992; Slater y Frank, 1947). De la teoría de la relatividad de Einstein se sigue que la velocidad de propagación de las interacciones es la misma en todos los sistemas de referencia inerciales (sistemas donde se cumple el principio de inercia de Newton) e igual a $c = 2,99793 \times 10^8$ m/s, que a su vez, es la velocidad de propagación de la luz.

La teoría de la relatividad mantiene la idea de Maxwell que la interacción mutua entre las partículas se puede describir mediante el concepto de *campo* de fuerzas, es decir, en vez de hablar de la acción de una partícula sobre otra, afirma que una partícula crea un campo en torno de ella, entonces una fuerza determinada actúa sobre cada una de las otras partículas situadas en ese campo. En la mecánica clásica, el campo es un modo de describir un fenómeno físico, en cambio en la teoría de la relatividad, debido al valor finito de la velocidad de propagación de las interacciones, las fuerzas que actúan sobre una partícula en un instante dado no están determinadas por las posiciones de las demás en el mismo instante. Un cambio en la posición de una de las partículas afecta a las otras partículas después de transcurrido un cierto tiempo. Esto hace que en la relatividad el propio campo adquiera realidad física. En consecuencia, no se puede hablar de una interacción directa entre partículas colocadas las unas de las otras a cierta distancia, sino se debe hablar en cambio, de la interacción de una partícula con el campo y de la posterior interacción del campo con otra partícula (Landau, 1992; Einstein, 1995).

Sobre el estudio de los conceptos en psicología cognitiva se han realizado muchas investigaciones con múltiples propósitos, para determinar qué son,

cómo se representan y para qué sirven. En general, los conceptos se entienden como representaciones mentales de clases (de situaciones, objetos, eventos, individuos) que incluyen información de las instancias de la clase más información adicional que se relaciona con la definición de la clase en relación con otros conceptos, más información procedente de la percepción, de la vivencia de experiencias, de las inferencias realizadas (Rodríguez, 1999 p.25). Los resultados de investigaciones realizadas en el campo de la psicología, han dado origen a distintos modelos de representación conceptual (Laurence y Margolis, 1999; Lakoff, 1999; Medin, 1998) que parecen poner de manifiesto que las personas no utilizan un único tipo de representación conceptual, sino distintos tipos en función de los significados del concepto, del contexto y su nivel de conocimientos (Rodríguez, 1999 p.27). En las teorías cognitivas constructivistas como la de Piaget, una parte esencial de las representaciones son los esquemas que constituyen las unidades básicas del funcionamiento psicológico, pero las representaciones, también están constituidas por otros elementos, como los conceptos, sus relaciones entre éstos y su organización en teorías, que constituyen un tipo de representaciones más elaboradas y explícitas, que a diferencia de las representaciones personales, generalmente implícitas, buscan eliminar las contradicciones (Delval, 1997). Los conceptos se generan a partir de la aplicación de los esquemas y describen las regularidades que un sujeto encuentra al aplicarlos, constituyendo un instrumento esencial del conocimiento (Delval, 1997) y que contribuyen a la economía cognitiva de los sujetos.

En la perspectiva de la investigación en educación en ciencias, en la actualidad se considera importante conocer cómo los estudiantes construyen los conceptos científicos, qué tipo de representaciones construyen, qué procesos cognitivos ocurren, y cómo asimilan y comprenden sus significados, ya que esto permitiría conocer los cambios cognitivos o de desarrollo conceptual como una construcción y discriminación de significados (Pozo, 1999; Moreira, 2000), y guiar el diseño de modelos de enseñanza que permitan un mejor aprendizaje del conocimiento científico.

Para los fines de la educación en ciencias, entendida como hacer que el alumno comparta significados en el contexto de las ciencias, e interprete el mundo desde el punto de vista de las ciencias, generando nuevas capacidades representacionales que hagan posibles nuevas formas de conocimiento, que se alejen de la inmediatez de los conocimientos intuitivos (Moreira, 1998; Pozo y Gómez Crespo, 1998; Pozo, 2002), un aprendizaje significativo de conceptos científicos claves, como el concepto de campo, es una condición necesaria para la formación científica de los estudiantes, su comprensión de los fenómenos físicos y el conocimiento de principios que sustentan diversas aplicaciones tecnológicas.

Todo lo expuesto anteriormente, destaca la importancia del aprendizaje del concepto de campo en los estudiantes. Y esto no se restringe sólo a los niveles universitarios sino que existe un interés en introducirlo desde niveles educativos pre-universitarios. De hecho, así como el concepto de campo está presente en amplios dominios de la Física clásica y contemporánea, también lo es en la educación en ciencias, donde el concepto de campo se incluye en los objetivos y contenidos de los

programas curriculares para la enseñanza de la Física. Por ejemplo, en el Programa curricular del 2º año de Bachillerato de la asignatura de "Física" de España en la p. 226, de entre los objetivos se destaca: "1. *Comprender los principales conceptos de la Física y su articulación en leyes, teorías y modelos; 2. Valorar el papel que desempeña en el desarrollo tecnológico y social*", y en las p. 227-228, respecto de los contenidos de Física a enseñar, el concepto de campo aparece incluido en dos de las cinco unidades del programa. En la "Unidad 1. *Interacción gravitatoria; y en Unidad 3. Interacción electromagnética*".

El presente trabajo tiene por objetivos presentar una revisión de investigaciones en educación en ciencias sobre el aprendizaje y enseñanza del concepto de campo. La revisión es parte integrante de un proyecto de investigación con interés en el aprendizaje del concepto de campo como un concepto fundamental y clave de la Física clásica y contemporánea para una comprensión del mundo físico. Además, analizar la complejidad y amplitud de los significados del concepto de campo, a tener en cuenta en una investigación sobre el aprendizaje de este concepto y la posibilidad de explorar un referencial teórico que permita acercar las características disciplinarias de la ciencia y las cognitivas de los estudiantes.

Revisión de investigaciones educativas sobre el concepto de campo

En la investigación de educación en ciencias y en el caso de la Física, sobre el aprendizaje y enseñanza del concepto de campo se han desarrollado diversas investigaciones principalmente con estudiantes secundarios y de los primeros niveles de universidad mayoritariamente en el dominio de la Física clásica. Estas investigaciones se refieren al campo electrostático y/o electromagnético, el campo gravitatorio, excluyéndose estudios sobre el concepto de campo en el dominio de la mecánica de fluidos y la Física contemporánea. Con el propósito de conocer el estado de desarrollo de las investigaciones en educación en ciencias sobre el aprendizaje y enseñanza del concepto de campo, se revisaron y consultaron preliminarmente artículos publicados en las principales revistas de investigación en educación de ciencias de la última década tales como: *Enseñanza de las Ciencias*, *Physics Education*, *International Journal of Science Education* y *Science Education*. La búsqueda bibliográfica fue realizada independientemente de un dominio específico de la Física, y el análisis descriptivo de los artículos seleccionados se hizo en torno autor/año, objetivos, muestra, instrumentos, metodología, resultados y conclusiones relevantes de las investigaciones. Una síntesis descriptiva de estas publicaciones se presenta en la tabla 1 del Anexo 1.

Las investigaciones revisadas muestran una diversidad de características y tendencias que se agrupan en cuatro categorías.

Estrategias de enseñanza: Este tipo de investigaciones tiene por propósito el diseño y evaluación de estrategias de enseñanza del campo eléctrico para estudiantes secundarios de bachillerato. Corresponden a propuestas sustentadas en un modelo de enseñanza-aprendizaje como una investigación dirigida (Furió y Guisasola, 2001; Martín y Solbes, 2001)

orientadas a superar dificultades de aprendizaje, asumidas como evidencias a partir de resultados de investigaciones anteriores sobre concepciones alternativas, y resultados de análisis de contenidos y de formas de razonamiento (Viennot y Rainson, 1999). De los resultados de la aplicación de las estrategias y de los instrumentos de evaluación de aprendizaje conceptual, se destaca que la mayoría de los estudiantes mejora su aprendizaje del concepto de campo e informan de una mayor asimilación de las ideas significativas del concepto frente al grupo control. Las dificultades de aprendizaje se interpretan como consecuencia de un tratamiento didáctico deficiente y confuso (Martín y Solbes, 2001). Además, se destaca como relevante de los resultados, aspectos cognitivos, como la detección de dificultades de los estudiantes para aceptar la existencia de un campo eléctrico en un medio donde las cargas están inmóviles, e ignorar las fuentes de campo no representadas explícitamente en forma matemática (Viennot y Rainson, 1999). Se concluye que la comprensión conceptual de los estudiantes progresa sólo cuando los aspectos causales han sido enfatizados durante la enseñanza.

Dificultades de aprendizaje: Estas investigaciones tienen por objetivo principal identificar, interpretar y analizar dificultades de aprendizaje del campo electromagnético en contextos de enseñanza con estudiantes secundarios (15-17 años) y primer año de universidad (17-18 años), bajo la hipótesis que las dificultades se originan y relacionan con las concepciones alternativas de la mecánica (Galili, 1995), o se deben a un paralelismo entre los problemas de aprendizaje y los problemas epistemológicos (Furió y Guisasola, 1998a, 1998b) que hubo que superar en la historia del desarrollo del electromagnetismo. Los resultados y conclusiones de este grupo de investigaciones muestran que sólo una minoría de estudiantes de enseñanza secundaria y universitaria usan en forma significativa el concepto de campo. La mayoría no establece diferencias conceptuales entre fuerza y campo eléctrico, y se aprecia que la introducción del concepto de campo a partir de su definición operacional afecta a su comprensión, y a su vez, evidencia problemas de aprendizaje de la mecánica. Además, se infiere la confirmación de la hipótesis que el origen de las dificultades de aprendizaje podría estar en las concepciones alternativas y en un paralelismo entre problemas de aprendizaje y problemas epistemológicos históricos de los orígenes del concepto de campo eléctrico.

Representaciones mentales: Estas investigaciones están orientadas a identificar los modelos mentales que usan las personas para pensar acerca del magnetismo y las relaciones entre electricidad y magnetismo (Borges y Gilbert, 1998), e investigar el tipo y nivel de representación mental del concepto campo electromagnético que construyen y utilizan los estudiantes cuando estudian, responden preguntas y resuelven problemas (Greca y Moreira, 1997; 1998), y por otra parte, a una revisión en profundidad de la teoría de representaciones mentales (Greca y Moreira, 2000), que sirve de marco teórico y orienta la identificación de las representaciones del campo electromagnético. Los resultados y conclusiones de éstas investigaciones destacan, que las personas construyen modelos mentales simples en acuerdo con sus conocimientos del mundo físico, y que la expansión del conocimiento en un dominio es por asimilación y acomodación del nuevo

conocimiento en modelos más sofisticados. En el caso del magnetismo, los diferentes modelos de magnetismo construidos por los estudiantes son una evidencia de los efectos de la instrucción (Borges y Gilbert, 1998) recibida. Por otra parte, los trabajos de Greca y Moreira destacan que los estudiantes que evidencian comprensión y aplicación de los significados del concepto de campo son aquellos que desarrollan un modelo mental físico del concepto según la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird (1983), por tanto, aprender el marco conceptual de una teoría física implicaría generar un modelo o representación mental del mismo.

Concepciones y razonamiento: Este grupo de estudios apunta a investigar concepciones y formas de razonamiento de los estudiantes. En particular, identificar ideas acerca de aspectos del campo eléctrico que revelen posibles obstáculos de aprendizaje (Viennot y Rainson, 1992); identificar la coexistencia de concepciones alternativas y concepciones aceptables científicamente del campo gravitatorio (Palmer, 2002) e indagar las relaciones entre éstas concepciones. Los resultados relevantes de estas investigaciones, en el caso del campo eléctrico, muestran que las explicaciones de los estudiantes evidencian un razonamiento causal lineal, que dota a la carga encerrada por una superficie gaussiana de un tipo de causalidad exclusiva (Viennot y Rainson, 1992) que los lleva, por consiguiente, a negar y no usar el principio de superposición del campo eléctrico. La investigación referida al campo gravitatorio destaca como resultado relevante la identificación de concepciones alternativas en igual proporción en todos los grupos de estudiantes, sin importar aparentemente la diferencia de edad y los niveles de instrucción en Física (Palmer, 2002), lo cual implicaría formas de pensamiento común que persisten luego de la enseñanza. También, se confirma la coexistencia de concepciones alternativas y concepciones aceptables científicamente (Palmer, 2002) enlazadas por procesos de razonamiento condicional, influenciadas por el contexto de las situaciones de las preguntas.

Un análisis global de los artículos permite inferir y realizar los siguientes comentarios generales preliminares:

En el aprendizaje del concepto de campo electromagnético, se identifica que sólo unos pocos estudiantes construyen y activan representaciones mentales del campo electromagnético (Greca y Moreira, 1997; 1998; Borges y Gilbert, 1998) que les permiten explicar y predecir situaciones físicas desde esa perspectiva. Luego, si el aprendizaje conceptual de una teoría física implica, por parte del aprendiz, la generación de modelos mentales y esquemas de asimilación (Greca y Moreira, 2000) para las situaciones descritas y previstas por la misma, entonces, resulta que el tipo de enseñanza sobre el concepto de campo, altamente formal y matemático, en el nivel universitario lleva a los estudiantes a usar representaciones proposicionales aisladas, no articuladas en modelos y esquemas como fórmulas y definiciones que no les permiten dar explicaciones y hacer predicciones.

La demanda de aplicación de conceptos de mecánica en situaciones de movimiento de partículas cargadas en campos electromagnéticos (Galili, 1995), activa en los estudiantes representaciones alternativas de los conceptos de la mecánica, en lugar de las representaciones científicamente

correctas, supuestamente ya asimiladas a través de la enseñanza formal de la mecánica. Muchos estudiantes no establecen diferencias conceptuales entre fuerza y campo eléctrico (Furió y Guisasola, 1998a, 1998b) y el origen de sus dificultades de aprendizaje (Furió y Guisasola, 2001; Martín y Solbes, 2001) parece estar en las concepciones alternativas y problemas epistemológicos similares surgidos en los orígenes históricos del concepto de campo.

Al enfrentar situaciones o tareas de aplicación del concepto de campo eléctrico, los estudiantes usan formas de razonamiento (Viennot y Rainson, 1992; 1999; Viennot, 2002) que responden más bien a la activación de representaciones de aprendizaje implícito (Pozo, 1992; 1998). Por ejemplo, en relación con el principio de superposición del campo eléctrico se observan dificultades de comprensión del principio que parecen evidenciar la ausencia de representaciones mentales o concepciones del concepto de campo científicamente aceptables.

La coexistencia de concepciones múltiples del campo gravitatorio, alternativas y científicamente correctas en situaciones de aplicación de movimiento de partículas en dicho campo (Palmer, 2002), parece evidenciar la activación conjunta de representaciones de conocimiento implícito y explícito ligadas fuertemente al contexto impuesto por las condiciones iniciales de los movimientos planteados en las situaciones (Pozo, 1992; 1998), es decir, en la descripción y explicación de algunos movimientos se observa coherencia entre el conocimiento explicitado y las concepciones científicamente correctas, sin embargo, si se modifican las condiciones iniciales de los movimientos (Palmer, 2002), se evidencia en las respuestas explicativas la activación de concepciones alternativas características de conocimiento implícito.

En relación con la fundamentación teórica de las investigaciones, específicamente, enfoques teóricos del aprendizaje, cambios cognitivos en procesos y formas de representación y desarrollo conceptual, una minoría de estas investigaciones revisadas trata explícitamente estos aspectos (Greca y Moreira, 2000). La mayoría de las investigaciones utilizan como referentes de apoyo, resultados de investigaciones basadas en el enfoque de las concepciones alternativas (Galili, 1995; Furió y Guisasola, 1998a ; 1998b), en un modelo de formas de razonamiento común en Física (Viennot y Rainson, 1992; 1999) y en un modelo de enseñanza-aprendizaje como una investigación dirigida (Furió y Guisasola, 2001; Martín y Solbes, 2001). En este grupo de investigaciones, las dificultades de aprendizaje del concepto de campo se caracterizan principalmente como problemas de enseñanza y problemas epistemológicos similares a los surgidos en los orígenes del concepto de campo (Furió y Guisasola, 1998a; 1998b; Furió y Guisasola, 2001; Martín y Solbes, 2001), los cuales se abordan desde el modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación orientada, por su ventaja para articular los aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales del aprendizaje del conocimiento científico (Gil y Carrascosa, 1985; Gil, 1993; Furió 2001), sobre el enfoque de las concepciones alternativas que centra su atención, ante todo, en la adquisición del conocimiento conceptual y el cambio conceptual (Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A., 1985; Moreira, 1994; Marín, 1999; Di Sessa y Sherin, 1998).

En el aprendizaje del concepto de campo, otro aspecto importante de considerar además de los problemas identificados en las investigaciones revisadas, es la complejidad y amplitud de los significados de los conceptos físicos y matemáticos que involucra el concepto. Es decir, se observa la necesidad de explorar un referencial teórico que permita abordar los vínculos entre la estructura formal del conocimiento del concepto de campo construido por la Física como un concepto fundamental y clave para una comprensión del mundo físico y naturaleza y la estructura conceptual que poseen los estudiantes respecto de este concepto, o sea, un referencial que permita acercar las características disciplinarias de la ciencia y las cognitivas de los estudiantes (Pozo, 2001; Vergnaud et al., 1981).

Considerando los antecedentes expuestos sobre los resultados de las investigaciones sobre el aprendizaje del concepto de campo en Física, la complejidad y amplitud de los significados del concepto y la necesidad de explorar un referencial teórico que permita abordar los vínculos entre la estructura formal del conocimiento del concepto de campo construido por la Física y la estructura conceptual que poseen los estudiantes, se propone explorar como referencial teórico en investigaciones futuras, la teoría de campos conceptuales de Vergnaud, cuyas características principales se describen en la siguiente sección.

La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud y el aprendizaje de conceptos

Para Gérard Vergnaud, al igual que para Piaget, el conocimiento es un proceso de adaptación. Sin embargo, para Vergnaud, el problema central de la cognición es la conceptualización, y en consecuencia con esta premisa desarrolla una teoría psicológica que postula que el conocimiento se encuentra organizado en *campos conceptuales* de los cuales los sujetos se apropian a lo largo del tiempo. Los campos conceptuales se definen como grandes conjuntos informales y heterogéneos de situaciones y problemas, en que para su análisis y tratamiento son necesarios diversas clases de conceptos, representaciones simbólicas, operaciones del pensamiento y procedimientos que se conectan unas con otras durante su aprendizaje o adquisición (Vergnaud, 1983, p.127; 1990, p.146). El objetivo de la teoría es propiciar una estructura para la investigación sobre actividades cognitivas complejas, en especial el aprendizaje del conocimiento científico, *"... se trata de una teoría psicológica del conocimiento o de la conceptualización de lo real que permite estudiar las filiaciones y rupturas entre conocimientos desde el punto de vista de su contenido conceptual..."* (Vergnaud, 1993 p.1). La teoría permite analizar la relación entre los conceptos en su dimensión de conocimientos explícitos y los *invariantes operatorios* implícitos del comportamiento de los sujetos en determinadas *situaciones*, así como profundizar el análisis de las relaciones entre los *significados y significantes* de un concepto o de un campo conceptual (Vergnaud, 1993). Para una comprensión de la teoría de los campos conceptuales describiremos a continuación los principales significados de los conceptos claves de la teoría.

Para Vergnaud (1990), una *situación* es entendida como una tarea y toda situación compleja es una combinación de tareas y problemas, de modo que

los procesos cognitivos y las respuestas cognitivas de un sujeto están determinadas por las situaciones que enfrenta. Luego, es a través de su acción y el dominio progresivo de las situaciones como el sujeto adquiere los campos conceptuales que modelan su conocimiento. Desde el punto de vista cognitivo, el sentido que el sujeto atribuye a una situación es el resultado de la interacción entre la situación y la representación que el sujeto hace de la misma. Según Vergnaud, el vínculo entre el comportamiento del sujeto y la representación está descrito por el concepto de *esquema* introducido por Piaget, el cual, se define como “una organización invariante de la conducta para una clase de situaciones determinada” Vergnaud (1990, p.136; 1996, p.201). Según Vergnaud, los esquemas se tienen que poner en relación, por necesidades del análisis con las características de las situaciones a las cuales se aplican. La organización de un esquema se basa en cuatro clases de elementos principales: 1) Objetivos y anticipaciones; 2) Reglas de acción, de acopio y de control de la información; 3) Invariantes operatorios y 4) Posibilidades de inferencia (Vergnaud, 1996). Por *objetivos y anticipaciones* se entiende que un esquema se dirige siempre a una clase de situaciones en las que el sujeto puede descubrir un posible propósito de su actividad, sus objetivos, o bien esperar ciertos efectos o fenómenos. Las *reglas de acción* son la parte generadora de los esquemas, y permiten generar la continuación de las acciones de transformación de lo real, de la recogida de información y del control de los resultados de la acción. Son reglas del tipo *si, ..., entonces*, que permiten al sujeto garantizar el éxito de su actividad en un contexto que puede estar en permanente cambio. Los *invariantes operatorios* constituyen la base conceptual implícita, o explícita, que permite obtener la información pertinente e inferir de ella, a partir de esta información y del propósito por alcanzar, las reglas de acción más apropiadas. Se distinguen dos categorías principales de invariantes operatorios: los *conceptos-en-acción* y *teoremas-en-acción* que se explicaran más adelante. Las *posibilidades de inferencia* son los razonamientos o posibilidades de inferencia que contiene necesariamente un esquema para anticiparse a una situación concreta, es decir, un esquema es un instrumento de adaptación de la actividad y de la conducta a los valores tomados por los diferentes parámetros en una situación particular.

Concepto-en-acción, teorema-en-acción y conceptos

El interés central del concepto de esquema es establecer el vínculo teórico entre la conducta y la representación, y los invariantes operatorios son los que establecen esta articulación esencial, ya que la percepción, la búsqueda y selección de la información queda determinada completamente por los *conceptos-en-acción* disponibles en el sujeto (objetos, atributos, relaciones, condiciones, circunstancias, etc.), y por los *teoremas-en-acción* subyacentes en su conducta, “Un *teorema-en-acción* es una proposición considerada como verdadera sobre lo real, y un *conceptos-en-acción* es una categoría de pensamiento considerada como pertinente” (Vergnaud, 1996, p.202).

Respecto de los *Conceptos*, la teoría de Vergnaud (1993), (1998), considera que los conceptos están constituidos por elementos que se relacionan. Estos elementos corresponden a un conjunto de situaciones,

invariantes operatorios y sus propiedades que se expresan por medio de diferentes representaciones simbólicas. Estas consideraciones, llevan a Vergnaud (1993) a definir un concepto como un triplete de conjuntos

$$C = \{ S, I; R \}$$

donde

S: conjunto de situaciones que dan sentido al concepto. Son el referente de un concepto.

I: conjunto de invariantes operatorios en que se basa la operacionalidad de los esquemas. Son el significado de un concepto.

R: conjunto de formas de lenguaje que permiten representar simbólicamente un concepto, o sea, los invariantes operatorios, sus propiedades, las situaciones y los procedimientos de tratamiento de ellas. Estas representaciones son el significante de un concepto.

En términos psicológicos, el conjunto de situaciones *S* corresponde a la realidad, y los conjuntos *I* y *R* a su representación considerada como dos aspectos interactuantes del pensamiento, el significado *I* y su significante *R*. Un concepto va adquiriendo sentido para un sujeto a través de su interacción con situaciones y problemas (Vergnaud, 1998), ya que de esta manera podrá asimilar las propiedades que formaran sus conceptos-en-acción y teoremas-en-acción, que en la medida que sean expresados en forma explícita mediante sus significantes, esos invariantes pasan a conformar el concepto de un individuo.

En consecuencia, la teoría de los campos conceptuales podría ser aplicada para guiar investigaciones sobre el aprendizaje de conceptos de Física (Moreira, 2002; Greca y Moreira, 2002), si se identifican situaciones y problemas que den sentido a un concepto, para luego investigar los invariantes operatorios usados por los estudiantes que les permiten comprender y explicar las representaciones simbólicas que ayudan a la conceptualización y asimilación de los significados de un concepto (Moreira, 2002; Greca y Moreira, 2002).

En el caso de una investigación sobre el concepto de campo en Física, además de los elementos a considerar descritos por Greca y Moreira (2002), otro elemento importante a considerar son las dificultades que se relacionan con la complejidad y amplitud de los significados de los conceptos físicos y matemáticos del concepto. Con el propósito de analizar de un modo sistemático la complejidad y amplitud de los significados del concepto de campo a tener en cuenta en una investigación sobre el aprendizaje de este concepto, se presenta a continuación un análisis de los significados del campo conceptual del concepto de campo construido desde la Física, usando la teoría de Vergnaud.

Significados del campo conceptual del concepto campo

A la luz de la teoría de Vergnaud el campo conceptual del concepto científico de campo, construido a partir de la Física estaría formado por los siguientes elementos:

$$C_{\text{campo}} = \{ S, I; R \}$$

donde

$S = \{ FF \}$: Es un conjunto de situaciones, que incluye fenómenos y problemas físicos (FF) que describen y dan sentido al concepto de campo en algún dominio de la Física, como la mecánica, electromagnetismo, relatividad, otros. Este conjunto de fenómenos y problemas físicos FF corresponde en el caso de la mecánica, por ejemplo, a situaciones que se refieren a las relaciones entre fuerzas conservativas y energía potencial; en el caso del electromagnetismo, gravitación y relatividad a situaciones y problemas relacionados con el fenómeno de interacción entre partículas y campo; en el caso de mecánica de fluidos, conducción del calor, situaciones para describir el comportamiento de magnitudes en un medio continuo como la velocidad, densidad de corriente, flujo de calor, otras.

$I = \{ I(FF) \cup I(OM) \}$: Es un conjunto de invariantes operatorios científicamente aceptados, físicos $I(FF)$ y matemáticos $I(OM)$ que se aplican a las situaciones, es decir, se aplican tanto a los problemas y fenómenos físicos FF como a los objetos matemáticos OM , para mediante sus propiedades, relaciones y transformaciones darle significado al concepto de campo en cada una de las situaciones y problemas.

El conjunto de invariantes físicos $I(FF)$ tiene por elementos, las operaciones con sus propiedades, que se relacionan con las magnitudes físicas de posición, velocidad, aceleración, masa, fuerza y carga, más un conjunto de magnitudes y propiedades que se derivan o relacionan con éstas, tales como trabajo, energía, campo eléctrico, campo magnético, potencial, flujo magnético, circulación, otras.

$$I(FF) = \{ \text{posición, velocidad, aceleración, masa, fuerza, carga} \}$$

Las propiedades de las operaciones físicas: son los principios y leyes físicas expresadas en términos de las operaciones y propiedades de los objetos matemáticos, tales como en el caso de la mecánica clásica los Principios de Newton para el movimiento, es decir, los principios de inercia, de acción y reacción, ecuación de movimiento y el principio de superposición de fuerzas, además, los teoremas de impulso y momentum, de trabajo y energía, las relaciones entre fuerza y energía potencial y las leyes de conservación del momentum lineal, momentum angular y energía mecánica. En el caso del electromagnetismo, las Leyes de Gauss, Faraday y Ampère, o sea, las ecuaciones de Maxwell, además, las ecuaciones de continuidad para la conservación de la carga y las leyes de conservación de la energía asociada al campo electromagnético.

El conjunto de invariantes matemáticos $I(OM)$ tiene por elementos los significados de los conceptos de escalar, vector, tensor, función, más las operaciones y propiedades del álgebra vectorial y las operaciones y propiedades del cálculo diferencial e integral.

$$I(OM) = \{ \text{escalar, vector, tensor, función; Op. y prop. álgebra vect. y cálculo} \}$$

donde

Las operaciones del álgebra vectorial son: adición, producto entre un escalar y un vector, producto escalar y producto vectorial entre vectores. *Las propiedades del álgebra vectorial,* se refieren a las propiedades de las operaciones que definen un espacio vectorial, o sea, para la operación de adición las propiedades: conmutativa, asociativa, elemento identidad y elemento inverso; y para la operación de producto entre un escalar y vector: las propiedades: asociativa respecto a un producto de escalares, distributiva respecto a la suma de vectores, distributiva respecto a una suma de escalares y elemento identidad.

Las principales operaciones del cálculo son: Límite, derivada, integral de funciones escalares y vectoriales, diferencial exacta, gradiente de un campo escalar, divergencia, rotor, circulación y flujo de un campo vectorial. *Las principales propiedades del cálculo* se refieren a los teoremas de continuidad, las relaciones entre campos conservativos y potencial, y los teoremas de la divergencia y del rotor.

$R = \{ R[FF \cup I(FF) \cup I(OM)] \}$: Es un conjunto de representaciones simbólicas y pictóricas usadas en las situaciones, es decir, representaciones usadas en los problemas y fenómenos físicos FF , más las representaciones simbólicas de los invariantes operatorios físicos $I(FF)$ y matemáticos $I(OM)$, o sea, las representaciones de los principios y leyes físicas, y de las operaciones matemáticas y sus propiedades.

Las principales representaciones de los fenómenos físicos FF y de los invariantes físicos $I(FF)$ y matemáticos $I(OM)$, son las representaciones geométricas de flechas y representaciones analíticas de componentes del álgebra vectorial. Además, las representaciones proposicionales de ecuaciones y gráficas tales como tablas, gráficos, diagramas de flechas, líneas de fuerza, superficies de nivel de las funciones, de los campos escalares y de los campos vectoriales, tales como campos de fuerza, campos de temperatura, campo eléctrico, campo magnético usados en las situaciones.

Todas estas representaciones simbólicas y pictóricas corresponden a los significantes del campo conceptual del concepto de campo construidos desde la Física y Matemática que permiten hacer la distinción fundamental entre significante y significado, que es de la mayor importancia para el aprendizaje de conocimientos científicos (Vergnaud et al., 1981), ya que los invariantes operatorios de los estudiantes (conceptos-en-acción y teoremas-en-acción) se sitúan en el plano de los significados del concepto de campo, pero estos significados de los estudiantes, que no necesariamente coinciden con los significados científicamente aceptados se manifiestan en el pensamiento y en la comunicación con una explicitación simbólica o pictórica parcial mediante imágenes, dibujos, álgebra, cálculo, lenguaje natural.

Conclusión

A partir de los resultados del análisis del campo conceptual del concepto científico de campo construido desde la Física y de la premisa fundamental de la teoría de Vergnaud, de considerar los conceptos, no como una mera definición (Vergnaud, 1998), se concluye que el concepto de campo hace

referencia a un conjunto de situaciones, que incluye un conjunto de diferentes invariantes operatorios con sus propiedades que pueden ser expresadas según diferentes lenguajes y representaciones simbólicas y pictóricas.

Dado que el dominio de un campo conceptual se va adquiriendo a lo largo del tiempo (Vergnaud, 1982) y la complejidad y amplitud de los significados del concepto de campo (desarrollada en el punto 3), los contenidos específicos de los diferentes aspectos a indagar del concepto de campo deben ser reducidos y adecuados a los niveles de enseñanza en que se desarrollará una investigación. Entre los aspectos y contenidos a incluir en una investigación sobre el aprendizaje del concepto de campo, guiada por la teoría de Vergnaud en el contexto del electromagnetismo, gravitación, relatividad, mecánica de fluidos y fenómenos de transporte se podría mencionar por ejemplo, la identificación y determinación de situaciones con fenómenos y problemas físicos que den sentido al concepto de campo para el alumno, tales como situaciones y problemas relacionados con los fenómenos de interacción entre partículas y campo, o en el caso de la mecánica de fluidos y fenómenos de transporte, situaciones que describan el comportamiento de magnitudes físicas en un medio continuo como la velocidad, densidad de corriente, flujo de calor u otras.

En la relación dialéctica entre la experiencia activa, las constataciones y la representación de los estudiantes, los invariantes operatorios del concepto de campo son los elementos teóricos claves que permitirán situar mejor las relaciones de conocimientos entre el sujeto y la realidad, el rol de su actividad representacional y su acción sobre la realidad, como también, la forma de estructuración de los diferentes conceptos del campo conceptual del concepto de campo y los criterios de adquisición de sus significados. Por lo tanto, en relación con los invariantes operatorios del concepto de campo sería importante investigar, cuáles son los invariantes operatorios de los esquemas, desde la perspectiva del alumno, que dan significado al concepto de campo, es decir, qué invariantes pueden servir para describir un campo como una función escalar o vectorial definida en todo punto de una región del espacio y el tiempo. Además, investigar invariantes explícitos de las magnitudes físicas que se describen como campos, es decir, seleccionar y determinar invariantes necesarios que puedan servir a los estudiantes para comprender las propiedades y leyes físicas que cumplen dichas magnitudes en acuerdo con un nivel de conceptualización determinado previamente y en acuerdo con los objetivos del curriculum.

En relación con las representaciones simbólicas, investigar qué significan para los alumnos las representaciones simbólicas usadas en la enseñanza del concepto de campo, investigar e identificar qué formas de lenguaje, y representaciones simbólicas gráficas, lingüísticas y analíticas permiten representar y explicitar los invariantes operatorios del concepto de campo.

En consecuencia, a la luz de lo expuesto, como conclusión general se propone utilizar en futuras investigaciones sobre el aprendizaje del concepto de campo, la teoría de campos conceptuales de Vergnaud por presentar potencialidades que permiten articular de un modo apropiado (Vergnaud et al., 1981), la complejidad y amplitud de sus significados, el desarrollo cognitivo de los estudiantes y los procesos de asimilación del conocimiento.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la investigadora Ileana Greca por sus sugerencias y aportaciones.

Referencias bibliográficas

Berkson, W. (1981). *Las teorías de los campos de fuerza desde Faraday hasta Einstein*. Madrid: Alianza.

Borges, A.T. y J.K. Gilbert (1998). Models of magnetism. *International Journal of Science Education*, 20 (3), 361-378.

Delval, J. (1997). Tesis sobre el constructivismo. En M. J. Rodrigo y J. Arnay (Eds.), *La construcción del conocimiento escolar* (pp.15-33). Barcelona: Paidós.

Di Sessa, A. y B.L. Sherin (1998). What changes in conceptual change?. *International Journal of Science Education*, 20 (10), 1155-1191.

Driver, R.; Guesne, E. y A. Tiberghien (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press. Trad. Cast de P. Manzano: *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia*, Madrid: Morata /MEC, 1989.

Einstein, A. (1995). *Sobre la teoría de la relatividad especial y general*. Madrid: Alianza.

Feynman, R. (1985). *Electrodinámica cuántica*. Madrid: Alianza.

Furió, C. y J. Guisasola (1998a). Dificultades de aprendizaje de los conceptos de carga y de campo eléctrico en estudiantes de bachillerato y universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 131-146.

Furió, C. y J. Guisasola (1998b). Difficulties in learning the concept of electric field. *Science Education*, 82, 511-526.

Furió, C. y J. Guisasola (2001). La enseñanza del concepto de campo eléctrico basado en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 319-334.

Furió, C. (2001). La enseñanza-aprendizaje de las ciencias como investigación: Un modelo emergente. En J. Guisáosla y Pérez de Eulate González (Eds.), *Investigaciones en didáctica de las ciencias experimentales basadas en el modelo enseñanza-aprendizaje como investigación orientada* (pp.15-42). Bilbao: Universidad del País Vasco.

Galili, I. (1995). Mechanics background influences student' conceptions in electromagnetism. *International Journal of Science Education*, 17 (3), 371-387.

Gil, D. y J. Carrascosa (1985). Science learning as a conceptual and methodological change. *European Journal of Science Education*, 7 (3), 231-236.

Gil, D. (1993). Contribución de la Historia y Filosofía de las ciencias al desarrollo de un método de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.

Greca, I. y M.A. Moreira (1997). The kinds of mental representation - models, propositions and images- used by college physics students

regarding the concept of field. *International Journal of Science Education*, 19 (6), 711-724.

Greca, I. y M.A. Moreira (1998). Modelos mentales y aprendizaje de física en electricidad y magnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 289-303.

Greca, I. y M.A. Moreira (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22 (1), 1-11.

Greca, I. y M.A. Moreira (2002). Além da detecção de modelos mentais dos estudantes. Uma proposta representacional integradora. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7 (1), 25-53.

Guisasola, J. (2001). Análisis crítico de la enseñanza de la electrostática en el Bachillerato y propuesta alternativa de orientación constructivista. En J. Guisasola y Pérez de Eulate González (Eds.) *Investigaciones en didáctica de las ciencias experimentales basadas en el modelo enseñanza-aprendizaje como investigación orientada* (pp. 43-109). Bilbao: Universidad del País Vasco.

Harman, P.M. (1990). *Energía, fuerza y materia. El desarrollo conceptual de la física del siglo XIX*. Madrid: Alianza Universidad.

Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental Models*. Cambridge: Cambridge University Press.

Lakoff, G. (1999). Cognitive models and prototype theory. En E. Margolis, E y S. Laurence (Eds.), *Concepts – Core readings* (pp. 391-421). Cambridge, MA: MIT Press.

Landau, L.D. y E.M. Lifshitz (1992). *Teoría clásica de los campos*. Barcelona: Reverté.

Laurence, S. y E. Margolis (1999). Concepts and cognitive science. En E. Margolis, y S. Laurence (Eds.), *Concepts – Core readings* (pp. 3-81), Cambridge, MA: MIT Press.

Marín, N. (1999). Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 80-92.

Martín, J. y J. Solbes (2001). Diseño y evaluación de una propuesta para la enseñanza del concepto de campo en física. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 393-403.

Medin, D. (1998). Concepts and conceptual structure. En P. Thagard (Ed.), *Mind readings* (pp. 126). Cambridge, MA: MIT Press.

Moreira, M.A. (1994). Cambio conceptual: crítica a modelos y una propuesta a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. En (M. Rioseco (Eds.), *Science & Mathematics Education for the 21st. Century: Towards innovatory approaches* (pp. 81-92). Concepción: Chile.

Moreira, M.A. (1998). La investigación en educación en ciencias y la formación permanente del profesor de ciencias. Conferencia presentada en Congreso Iberoamericano de Educación en Ciencias Experimentales. La Serena, Chile.

Moreira, M.A. (2000). *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid: Visor.

Moreira, M.A. (2002). A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7 (1), 1-24.

Palmer, D. (2002). Students' alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity. *International Journal of Science Education*, 23 (7), 691-706.

Pauli, W. (1996). *Escritos sobre física y filosofía*. Madrid: Debate.

Pozo, J.I. y M.A. Gómez Crespo (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.

Pozo, J.I. (1999). Más allá del cambio conceptual: El aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 513- 520.

Pozo, J.I.; Pérez Echeverría, M.P.; Sanz, A. y M. Limón (1992). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas. *Infancia y Aprendizaje*, 57, 3-32.

Pozo, J.I. y M.J Rodrigo (2001). Del cambio de contenido al cambio representacional en el conocimiento conceptual, *Infancia y Aprendizaje*, 24 (4), 407-423.

Rodríguez, M. (1999). *Conocimiento previo y cambio conceptual*. Buenos Aires: Aique.

Slater, J. y N. Frank (1947). *Electromagnetism*. New York: Mc Graw-Hill Company, Inc.

Vergnaud, G.; Halwachs, F. y A. Rouchier (1981). Estructura de la materia enseñada, historia de las ciencias y desarrollo conceptual del alumno. En C. Coll (Ed.), *Psicología genética y educación* (pp. 115-128). Barcelona: Oikos-tau, 115-128.

Vergnaud, G. (1982). A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. En T. Carpenter, J. Moser & T. Romberg (Eds.), *Addition and subtraction. A cognitive perspective* (pp. 39-59). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.

Vergnaud, G. (1983). Multiplicative structures. En R. Lesh, & M. Landau (Eds.), *Acquisition of Mathematics Concepts and Processes* (pp. 127-174). New York: Academic Press Inc.

Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10 (23), 133-170.

Vergnaud, G. (1993). Teoria dos campos conceituais. En Nasser, L. (Ed) *Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro* (pp. 1-26).

Vergnaud, G. (1996). Algunas ideas fundamentales de Piaget en torno a la didáctica. *Perspectivas*, 26 (10), 195-207.

Vergnaud, G. (1998). A comprehensive theory of representation for mathematics education. *Journal of Mathematical Behavior*, 17 (2), 167-181.

Viennot, L. y S. Rainson (1992). Students' reasoning about the superposition of electric field. *International Journal of Science Education*, 14 (4), 475-487.

Viennot, L. y S. Rainson (1999). Design and evaluation of research-based teaching sequence: the superposition of electric field. *International Journal of Science Education*, 21 (1), 1-16.

Viennot, L. (2002). *Razonar en física. La contribución del sentido común*, Madrid: Antonio Machado.

Anexo

1	I.	Viennot, L., Rainson, S., International Journal of Science Education, 1992, 14 (4) ; 475-487
	II.	Investigar ideas de los estudiantes acerca del principio de superposición del campo eléctrico, y los posibles obstáculos para el uso correcto de este principio.
	III.	Diferentes muestras de estudiantes universitarios en Francia y Argelia (Cuestionario 1). Tres grupos de estudiantes de nivel universitario de Francia. <i>Grupo 1</i> , estudiantes de primer año con un curso de electrostática. <i>Grupo 2</i> , de segundo año con un curso de electrostática sin incluir un capítulo de dieléctricos. <i>Grupo 3</i> , de segundo año con un curso de electrostática incluyendo un capítulo de dieléctricos. (Cuestionarios 2 y 3).
	IV.	Tres cuestionarios de lápiz y papel <i>Cuestionario 1</i> : De aplicación del principio de superposición de campos eléctricos y ley de Gauss, para el cálculo del campo al interior de una esfera aisladora con una densidad de carga uniforme rodeada por una densidad de carga desconocida. <i>Cuestionario 2 y 3</i> : Sobre campos eléctricos y aisladores. En el cuestionario 2, se pregunta si una carga puntual externa crea un campo eléctrico al interior de un cuerpo aislador. En el <i>cuestionario 3</i> , se pregunta si una carga puntual ubicada en el interior de un cuerpo aislador crea un campo en un punto exterior al cuerpo.
	V.	Sobre el 80% de respuestas son incorrectas en ambas muestras, con comentarios que evidencian un mal uso de la ley de Gauss, e incomprensión del comportamiento del campo eléctrico en un material aislador. Para los cuestionarios 2 y 3 el porcentaje de explicaciones correctas y sin ambigüedades es menos que el tercio para las respuestas correctas. Entre un 44 % y un 19% de respuestas incorrectas de las muestras explican que una carga no puede crear un campo eléctrico al interior de un aislador. Entre un 25 % y un 14 % de respuestas incorrectas explican que no existe campo porque en un aislador las cargas están inmóviles. Un importante porcentaje de respuestas correctas explican la existencia del campo en un punto ligada a la presencia necesaria de cargas en ese punto.
	VI.	El análisis de las explicaciones evidencia en los estudiantes un razonamiento causal lineal, donde la influencia simultánea de varios factores, es tratada como una secuencia de eventos causales. Los estudiantes parecen dotar a la carga encerrada por una superficie gaussiana de un tipo de causalidad exclusiva. Niegan y no usan el principio de superposición en sus respuestas. La siguiente idea parece influir en el razonamiento de los estudiantes: Si un cuerpo es un aislador, no puede existir un campo eléctrico, el campo se bloquea en su interior o en el borde del cuerpo.
2	I.	Galili, I. International Journal of Science Education, 1995, 17 (3) ; 371-387
	II.	Identificar e interpretar algunas dificultades específicas de estudiantes secundarios y nivel superior al estudiar electromagnetismo, bajo la hipótesis que los errores parecen estar relacionados con las concepciones alternativas de la mecánica.

	<p>Se plantea como una investigación diagnóstica de aplicación de conceptos de mecánica en el movimiento de cargas en campos electromagnéticos.</p>
III.	<p>4 grupos de estudiantes testeados después de la instrucción de un curso de electricidad y magnetismo. Grupo 1. 14 alumnos de 17-18 años (high school) Grupo2. 55 alumnos 17-18 años (colegio) Grupo3. 19 alumnos 16-17 años (11° grado) Grupo 4. 28 estudiantes de 4° profesorado (25-30 años) con formación orientada a la electrónica.</p>
IV.	<p>Prueba de lápiz y papel de 45 min con tareas de diferente nivel y dificultad cualitativa presentada en forma aleatoria. <i>Tarea 1.</i> Se pide la trayectoria de una carga negativa colocada en el campo eléctrico de una carga puntual positiva. <i>Tarea 2.</i> Se pide identificar el diagrama correcto que representa la abertura angular de un conjunto de péndulos cargados positivamente. <i>Tarea 3.</i> Se pide identificar cada una de las fuerzas que actúan sobre cada cuerpo para una configuración de una carga puntual positiva encerrada por una esfera conductora frente a una carga positiva. <i>Tarea 4.</i> Identificar las fuerzas sobre cada elemento para una carga puntual colocada entre las placas de un condensador plano, identificar la fuente de energía cinética y explicar el papel del campo eléctrico. <i>Tarea 5.</i> Identificar las fuerzas sobre cada componente, y aplicar la tercera ley de Newton y describir el papel del campo magnético, en la situación de una barra conductora moviéndose en un campo magnético uniforme.</p>
V.	<p><i>Tarea1.</i> La mayoría de los estudiantes dibuja una trayectoria rectilínea dirigida a la carga, o una trayectoria paralela a la línea de fuerza. Tarea 2. Un tercio de los estudiantes identifica un desplazamiento angular simétrico, un tercio no responde y el otro tercio responde incorrectamente. Tarea 3. La mayoría de los estudiantes responde incorrectamente con fuerzas simétricas, no incluye interacción entre las cargas, o una interacción reducida. 7 % responde con simetrías que incluye las correctas y ausencia de fuerzas sobre las caras interna o externas del cascarón. Tareas 4 y 5. Los estudiantes evidencian incredulidad de que las interacciones aprendidas en mecánica mantengan su forma en electromagnetismo. Explican que el campo incrementa la energía cinética de una carga a expensas de su intensidad, pero no comprenden la necesidad de un agente externo como una fuente de energía.</p>
VI.	<p>Se identifica como una dificultad para la enseñanza del electromagnetismo la aplicación de los conceptos, leyes y principios de la mecánica en el movimiento de cargas en campos electromagnéticos. En particular las relaciones entre fuerza y movimiento, y entre trabajo y energía. La introducción del concepto de campo a partir de su definición operacional afecta la comprensión y evidencia problemas de aprendizaje de la mecánica, quizás por el cambio en el tratamiento de la interacción. Se propone introducir cambios en la enseñanza tales como: Introducir discusiones sobre la evolución histórica del concepto de campo. Usar preguntas cualitativas de situaciones físicas simples. Introducir el concepto de campo durante la enseñanza de la mecánica. Introducir este tópico como una parte del curriculum y entrenamiento de los profesores.</p>

3	I.	Greca, I., Moreira, M. International Journal of Science Education., 1997, 19 (6) ; 711-724
	II.	Investigar el nivel de representación que operan los estudiantes en relación al concepto de campo electromagnético cuando resuelven problemas y cuestiones, bajo la teoría de Johnson-Laird. Las representaciones a identificar son: representaciones proposicionales, imágenes y modelos mentales.
	III.	50 estudiantes de Ingeniería de 2º año observados durante 2 semestres. 1º semestre, estudio piloto. 2º semestre, la investigación
	IV.	Problemas y cuestiones propuestas como tareas instruccionales de aula. Anotaciones, pruebas, exámenes, mapas conceptuales, entrevistas.
	V.	Estudio piloto Se identifican 2 categorías de estudiantes: Categoría A. Alumnos que construyen modelos. Se dividen en 2 subcategorías, proposicionales y analógicos. Categoría B. No construyen modelos. Se dividen en 3 categorías intermedias. Alumnos que no construyen modelos y que sólo utilizan algunas imágenes. Investigación Se determinan 6 categorías de alumnos con las siguientes características: 3 categorías de alumnos que no forman un modelo físico del concepto de campo electromagnético. 1 categoría de transición de alumnos que desarrollan algún modelo mental físico del concepto aunque no siempre es correcto científicamente. 2 categorías de alumnos que construyeron un modelo mental físico del concepto.
	VI.	Los resultados sugieren que las representaciones mentales definidas por Johnson-Laird son importantes para describir el aprendizaje de la Física. Si las personas razonaran a partir de modelos mentales sería posible reinterpretar el movimiento de concepciones alternativas y cambio conceptual. La construcción por parte de los estudiantes de un nuevo modelo de trabajo que estaría en parte anclado en sus modelos antiguos. Los modelos intuitivos pueden ser un modelo hipotético del mundo construido para interpretar la realidad, y el modelo científico compartido será otro de ellos, existiendo una diseminación de modelos. Es preciso que un alumno comprenda las teorías científicas como un modelo diferente al suyo de ver el mundo, con reglas propias, operaciones y conceptos. Aprender el marco conceptual de una teoría, implica generar una representación interna del mismo.
4	I.	Greca, I., Moreira, M. International Journal of Science Education, 1998, 16 (2) ; 289-303
	II.	Ensayar una categorización introductoria para detectar el tipo de representación mental de alumnos de 1º año universitario al resolver y responder cuestiones de electricidad y magnetismo bajo el marco de la teoría de modelos mentales de Johnson-Laird
	III.	25 alumnos de un curso de Física General para Ingeniería que estudian por primera vez el concepto de campo electromagnético, con clases de 40 min de sesión expositiva y 80 min de trabajo prácticos en grupo que contienen problemas, preguntas y cuestiones teóricas.
	IV.	Anotaciones de campo, trabajos prácticos y evaluaciones. Análisis de datos desde una perspectiva cualitativa para determinar el nivel representacional de los alumnos.

	<p>V. Se determinan 6 categorías de alumnos con las siguientes características: 3 categorías de alumnos que no forman un modelo físico del concepto de campo electromagnético. 1 categoría de transición de alumnos que desarrollan algún modelo mental físico del concepto aunque no siempre es correcto científicamente. 2 categorías de alumnos que construyeron un modelo mental físico del concepto.</p>
	<p>VI. Los resultados sugieren que las representaciones mentales definidas por Johnson-Laird son importantes al hacer y aprender Física. Si las personas razonan a partir de modelos mentales sería posible reinterpretar el movimiento de concepciones alternativas y cambio conceptual. Esto implicaría la construcción en los estudiantes de un nuevo modelo de trabajo que estaría en parte anclado en sus modelos antiguos. Los modelos intuitivos pueden ser un modelo hipotético del mundo construido para interpretar la realidad, y el modelo científicamente compartido sería otro de ellos, existiendo una diseminación de modelos. Es preciso que el alumno comprenda las teorías científicas como un modelo diferente al suyo, como una forma de ver el mundo con reglas propias, operaciones y conceptos. Los estudiantes deben aprender el marco conceptual de la teoría generando una representación interna del mismo.</p>
5	<p>I. Furió, C., Guisasola, J. Enseñanza de las Ciencias, 1998a, 16 (1) ; 131-146. Science Education, 1998b, 82, 511-526</p> <p>II. Analizar dificultades de aprendizaje del concepto de carga y campo electrostático. Analizar si existe paralelismo entre las dificultades de aprendizaje y los problemas epistemológicos que hubo que superar en la historia del electromagnetismo</p> <p>III. 268 alumnos secundarios y universitarios. 2º BUP (15-16 años): 31. 3º BUP (16-17 años) : 61 COU (17-18) : 60 1º Univ : 60 3º Univ : 64</p> <p>IV. Aplicación a 268 alumnos de un cuestionario de 8 preguntas abiertas de interpretación, explicación de fenómenos relacionados con cuerpos cargados, inducción, polarización, jaula de Faraday, y la evaluación de su aprendizaje. Entrevista estructurada a 24 alumnos de explicación de 2 experimentos que se les presenta.</p> <p>V. La mayoría de los alumnos asume una naturaleza eléctrica de la materia, y explica los fenómenos usando un modelo hidrostático de carga eléctrica y conocimiento procedimental de sentido común. La mayoría de los estudiantes no utiliza el concepto de campo eléctrico para explicar fenómenos como la inducción, polarización y jaula de Faraday. Sólo un mínimo de los estudiantes universitarios evidencia comprensión y aplicación significativa del concepto de campo para explicar fenómenos electrostáticos.</p> <p>VI. Muy pocos estudiantes de enseñanza secundaria y universitaria utilizan de forma significativa el concepto de campo eléctrico. No establecen una diferencia entre los conceptos de campo y fuerza eléctrica, y en situaciones que requieren una aplicación significativa del concepto de campo los porcentajes de respuestas erróneas aumenta. Se confirma que parece existir un paralelismo entre los problemas de</p>

		aprendizaje y los problemas epistemológicos históricos de construcción de la teoría.
6	I.	Borges, A. T., Gilbert, J .K., International Journal of Science Education, 1998, 20 (3) ; 361-378
	II.	Identificar modelos mentales que usan las personas para pensar acerca del magnetismo y las relaciones entre electricidad y magnetismo.
	III.	56 sujetos distribuidos en: Estudiantes (15 años) de 1° secundaria, sin estudios en el tema: 9 Estudiantes (18 años) de 3° secundaria, con estudio previo de un año en el tema: 9. Estudiantes (18 años) de 3° enseñanza técnica, con estudio previo de un año en el tema: 10. Profesores de Física de escuelas secundarias: 11 Técnicos con estudios no formales en el tema: 10 Ingenieros eléctricos: 7
	IV.	Entrevistas semiestructuradas que involucran situaciones de electricidad, magnetismo y electromagnetismo, construidas en torno a una secuencia de predicción, observación y explicación
	V.	Se identifica la construcción de 5 modelos de magnetismo con las siguientes características: <i>Modelo A: Magnetismo como atracción.</i> El magnetismo es visto como una atracción ejercida sobre los objetos en la región que rodea a un imán, como una propiedad intrínseca de los imanes. Este modelo tiene muy poco poder explicatorio y predictivo. <i>Modelo B: Magnetismo como una nube.</i> El magnetismo es una nube con una esfera de influencia alrededor de un imán. Este modelo se parece mucho a la idea de campo de fuerzas usado en historietas de ciencia-ficción e intenta explicar alguna causalidad en las situaciones observadas. <i>Modelo C: Magnetismo como electricidad.</i> El magnetismo es visto como entre cargas eléctricas fuertemente ligados a la atracción y repulsión entre cargas. <i>Modelo D: Magnetismo como polarización eléctrica.</i> Los fenómenos son explicados asumiendo que un imán está formado por un arreglo de pequeños dipolos eléctricos. <i>Modelo E: Modelo de campo.</i> Es un agregado de los modelos B, C y D. El magnetismo es la manifestación macroscópica del fenómeno microscópico de partículas eléctricas en movimiento en los átomos (microcorrientes), o la existencia de imanes elementales (dipolos magnéticos permanentes en el interior del material).
	VI.	La gente construye modelos mentales simples en acuerdo con sus conocimientos del mundo físico. La expansión del conocimiento en un dominio es por asimilación y acomodación del nuevo conocimiento en modelos más sofisticados. Los diferentes modelos de magnetismo construidos por los estudiantes son una evidencia de los efectos de la instrucción. El alto número de respuestas explicativas del magnetismo en términos de electricidad podría estar en las personas que tienen un mayor número de experiencias directas con la electricidad que con el magnetismo, lo que puede ser un indicador de la influencia cultural en la construcción de modelos mentales
7	I.	Viennot, L., Rainson, S., International Journal of Science Education, 1999, 21 (1) ; 1-16
	II.	Presentar el diseño y evaluación de una secuencia de enseñanza del principio de superposición del campo eléctrico.

		La secuencia se diseña sobre la base de dos estudios interrelacionados: Un análisis de contenido de dominio y una investigación de formas de razonamiento común.
	III.	1837 estudiantes de Francia, Suecia y Argelia, agrupados en cuatro muestras de diferentes niveles académicos, desde 11° grado a los últimos años universitarios.
	IV.	10 entrevistas preliminares. Cuestionarios de lápiz y papel. La investigación se realizó con siete cuestionarios.
	V.	De la aplicación de la estrategia de enseñanza, se identifican 2 problemas principales: Dificultad de aceptar la existencia de un campo eléctrico en un medio donde las cargas están inmóviles. Ignorar las fuentes del campo eléctrico que no están representadas explícitamente en una fórmula matemática que exprese el campo.
	VI.	La causalidad en el razonamiento parece no ser la única fuente de dificultad en la comprensión de los estudiantes, sino también el contenido y el formalismo matemático sintético. Solo cuando los aspectos causales han sido enfatizados en la enseñanza se observa progresos en la comprensión del principio de superposición y su influencia en diversos fenómenos. Se concluye que las técnicas para evaluación multidimensional sean discutidas mejoradas y más usadas.
8	I.	Greca, I., Moreira, M. International Journal of Science Education, 2000, 22 (1) ; 1-11
	II.	Revisar los conceptos de modelo mental, modelo conceptual y modelación. Proporcionar un punto de vista de lo que son estos conceptos en el contexto de la psicología cognitiva y el aprendizaje, y cómo pueden ser usados en la investigación en educación en ciencias.
	III.	No tiene una muestra en particular
	IV.	Revisión en profundidad de la teoría de representaciones mentales, y de cómo las personas se representan el mundo físico.
	V.	Presentación de una fundamentada distinción entre el enfoque teórico de Johnson-Laird de los modelos mentales, y los modelos de Gentner y Stevens de aproximación instruccional. <i>La teoría de Johnson-Laird ofrece una descripción unificada y explicativa de fenómenos cognitivos tales como, razonamiento deductivo y comprensión del discurso. A diferencia de otros autores que focalizan su atención en fenómenos físicos particulares, dispositivos mecánicos y/o tecnológicos que desarrollan las personas sin intentar una representación y teoría unificada de ellos.</i>
	VI.	Los modelos mentales permiten entender la resistencia al cambio de las concepciones previas, ya que éstas, ayudan a explicar grupos de fenómenos y visualizarlos como similares. Por su carácter funcional, si los modelos iniciales son útiles, su modificación como un reemplazo total de una concepción por otra no es una tarea simple. Por el carácter idiosincrático de los modelos mentales, la modelación puede ser un camino adecuado para el aprendizaje significativo en ciencias. Los modelos mentales son una vía interesante para investigar heurísticas de imágenes y simulaciones mentales en procesos de creación y comprensión de teorías científicas, y también presentan un potencial pedagógico.

9	I.	Furió, C., Guisasola, J. Enseñanza de las Ciencias, 2001, 19 (2) ; 319-334
	II.	Presentar una propuesta de enseñanza, basada en el modelo de aprendizaje como investigación orientada para superar dificultades de enseñanza y aprendizaje del concepto de campo eléctrico. Las dificultades de enseñanza a superar son evidencias de resultados de investigaciones sobre concepciones alternativas de los estudiantes.
	III.	2 Grupos experimentales de 28 y 30 alumnos de 17 años, de 1º de Bachillerato, asistidos por 2 profesores externos a la investigación, expertos en programas de actividades, y su vez, tutelados por los autores de la investigación. 2 grupos de control de 64 alumnos que estudiaron el mismo curso mediante transmisión verbal de conocimientos elaborados en clases.
	IV.	Grupo experimental: Desarrollo de un programa actividades de aprendizaje como investigación, sobre los conceptos y teoría de carga y campo electrostático. Grupo control: Clases expositivas y uso de texto. Pruebas escritas de interpretación de diferentes situaciones problemáticas planteadas a los grupos de trabajo y grabación de la discusión de los alumnos en los grupos de trabajo. Cuestionario de 4 ítems para comparar aprendizaje conceptual logrado por los grupos experimentales y de control. Cuestionario de tipo actitudinal para evaluar la valoración de los alumnos del grupo experimental de la enseñanza recibida.
	V.	La gran mayoría de los grupos de trabajo (9 de 12) interpreta correctamente una situación problemática de inducción. 7 grupos utilizan en su explicación el concepto de campo eléctrico y 2 utilizan el modelo de acción a distancia. Los resultados del análisis comparativo entre las respuestas al cuestionario de aprendizaje conceptual apoyan la mejora del aprendizaje del concepto de campo eléctrico con la propuesta de enseñanza y aprendizaje. El cálculo del estadístico χ^2 para el grupo control y el resultado más desfavorable de los grupos experimentales muestra que las diferencias son significativas entre los grupos. Los estudiantes de los grupos experimentales muestran satisfacción con los contenidos y la forma de trabajo.
	VI.	La aplicación de una instrucción como una investigación orientada, permite a los estudiantes una mayor asimilación de ideas significativas en un porcentaje mayor que los alumnos que reciben una enseñanza transmisiva. Los estudiantes de los grupos experimentales presentan una mejora en la forma de plantear y razonar las situaciones problemáticas en base al concepto de campo eléctrico, y en la aplicación del concepto obtienen resultados correctos que duplican a los del grupo control, con diferencias estadísticamente significativas.
10	I.	Martín, J., Solbes, J. Enseñanza de las Ciencias, 2001, 19 (3) ; 393-403
	II.	Diseño y evaluación de una propuesta para la enseñanza del concepto de campo en educación secundaria, basada en un análisis de resultados de investigaciones previas sobre las dificultades de enseñanza. La propuesta se configura en una metodología de aprendizaje por

		investigación dirigida que se concreta en un programa de actividades
	III.	51 alumnos de COU y 48 de 2° de BUP, alumnos de los autores de la investigación. 65 alumnos de COU de otros profesores pertenecientes a diferentes localidades. La población de alumnos se separa en grupos experimental y control
	IV.	2 programas de actividades. nivel I elemental (4° ESO) y Nivel II superior (Bachillerato). Los programas contienen actividades orientadas a la introducción del concepto de campo (gravitatorio y eléctrico), y presentación de éste concepto como agente de la interacción, dotado de realidad física, energía y momentum. Aplicación de un cuestionario a los grupos de control y experimentos al inicio y término del experimento.
	V.	Los alumnos del grupo experimental en relación con el grupo control adquieren una imagen del concepto de campo más cercana a la concepción científica que se evidencia en porcentajes altos de respuestas correctas. Reconocen la necesidad de introducir el concepto de campo para explicar la interacción entre dos cuerpos, y reconocen ventajas para explicar la naturaleza de las ondas electromagnética. Mejoran su interpretación de los aspectos energéticos de la interacción entre cuerpos usando el concepto de campo.
	VI.	La utilización en el aula de programas de actividades mejora el aprendizaje de los conceptos de campo gravitatorio y eléctrico. Se interpretan las dificultades en el aprendizaje y comprensión del concepto de campo gravitatorio y electromagnético como una consecuencia de un tratamiento didáctico deficiente y confuso.
11	I.	Palmer, D., International Journal of Science Education, 2001, 23 (7) ; 691-706
	II.	Identificar en estudiantes concepciones alternativas y concepciones aceptables científicamente sobre gravedad, e investigar su naturaleza y posibles relaciones entre ellas.
	III.	112 estudiantes de 6° y 10° grado de Australia. 56 alumnos de 6° grado entre 11-12 años, 56 alumnos 10° grado entre 15-16 años, todos de la misma ciudad.
	IV.	Entrevistas individuales de 15 min en la que se pide a los alumnos explicar sus respuestas a 9 situaciones cotidianas relaciona con el concepto de gravedad, y cómo decidieron sus respuestas. La estructura de la entrevistas se determinó después de una experiencia piloto con grupos pequeños que no participaron en la investigación.
	V.	La mayoría de los estudiantes despliega ambos tipos de concepciones acerca de la gravedad, científicamente aceptables y concepciones alternativas. El 29 % de estudiantes de 10° grado y el 11% de 6° grado evidencia únicamente concepciones científicamente consistentes acerca de la gravedad. El 71 % de estudiantes de 10° grado y el 89 % de 6° evidencian concepciones múltiples, alternativas y científicamente correctas. Las afirmaciones de los estudiantes en sus respuestas evidencian percepciones de relaciones entre gravedad y contexto. Las principales concepciones identificadas de mayor frecuencia en orden decreciente son: 1. La gravedad actúa hacia abajo sobre objetos en caída. 2. La gravedad no actúa sobre objetos que se mueven verticalmente hacia arriba.

	<p>3. La gravedad actúa hacia abajo sobre objetos en reposo.</p> <p>4. La gravedad no actúa sobre objetos en reposo.</p> <p>5. La gravedad actúa hacia arriba sobre objetos moviéndose hacia arriba.</p> <p>6. La gravedad actúa hacia abajo sobre objetos que se mueven verticalmente hacia arriba.</p> <p>7. La gravedad no actúa sobre objetos en caída, la caída se debe al peso.</p>
VI.	<p>La mayoría de las respuestas de los estudiantes, en ambos grados fueron contextualmente dependientes de sus ideas acerca de la gravedad. Se identifican concepciones alternativas en igual proporción en ambos grupos, lo que implicaría formas comunes de pensamiento en la población y gran sobrevivencia en la enseñanza de las ciencias.</p> <p>Los resultados sugieren que existiría una relación entre la concepciones alternativas de los estudiantes y sus concepciones científicamente aceptables, enlazadas por procesos de razonamiento condicional de la forma "si ... entonces". Por ejemplo si un objeto está cayendo, entonces la gravedad está actuando, pero si está subiendo, entonces la gravedad no actúa, existiendo una relación crítica entre la condición y el contexto que les proporciona una coherencia interna aunque no científicamente aceptable.</p>

Tabla 1.- Síntesis descriptiva de publicaciones de investigaciones educativas sobre el concepto de campo. Clave: I. Autor, año, periódico; II. Objetivos; III. Sujetos; IV. Instrumentos y/o metodología; V. Resultados relevantes; VI. Conclusiones relevantes.